

Caderno
de Ciência,
Pesquisa
e Inovação v.1, n.1, 2018

Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação

v.1, n.1, 2018

C122	Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação v.1, n.1, 2018/ Organizador: Francisco et al. — Campina Grande: EPGRAF, 2018. 253 f.: il. color. ISBN: 978-85-60307-38-8 1. Engenharias. 2. Desenvolvimento Tecnológico. 3. Ideias Inovadoras. 4. Difusão. I. Francisco, Paulo Roberto Megna. II. Pereira, Frederico Campos. III. Silva, Mozaniel Gomes da. IV. Título.
	CDU 62

Os capítulos ou materiais publicados são de inteira responsabilidade de seus autores.
As opiniões neles emitidas não exprimem, necessariamente, o ponto de vista do Editor responsável.
Sua reprodução parcial está autorizada desde que cite a fonte.

Créditos de Imagens

Freepick.com

Editoração, Revisão e Arte da Capa

Paulo Roberto Megna Francisco

Conselho Editorial

Aline Costa Ferreira (CCTA-UFCG)

Djail Santos (CCA-UEPB)

Dermeval Araújo Furtado (CTRN-UFCG)

Eduardo Rodrigues Viana de Lima (CCEN-UEPB)

George do Nascimento Ribeiro (CDSA-UFCG)

Josivanda Palmeira Gomes (CTRN-UFCG)

João Miguel de Moraes Neto (CTRN-UFCG)

José Wallace Barbosa do Nascimento (CTRN-UFCG)

Lúcia Helena Garófalo Chaves (CTRN-UFCG)

Luciano Marcelo Fallé Saboya (CTRN-UFCG)

Paulo Roberto Megna Francisco (CCT-UEPB)

Soahd Arruda Rached Farias (CTRN-UFCG)

Virgínia Mirtes Alcântara (CTRN-UFCG)

Paulo Roberto Megna Francisco
Frederico Campos Pereira
Mozaniel Gomes da Silva
(Organizadores)

Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação
v.1, n.1, 2018



Realização

® Portal Tecnológico de Divulgação Científica

Eventos, Pesquisas e Inovação



Apoio



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PARAÍBA



UEPB

Universidade Estadual da Paraíba



SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	7
Seção Engenharia Civil	8
Capítulo 1	9
ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE IMPERMEABILIZANTES APLICADOS À CORPOS DE PROVA DE CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND	9
Capítulo 2	19
ANÁLISE DOS IMPACTOS PROVOCADOS PELOS PROBLEMAS DE MOBILIDADE URBANA SOBRE OS ALUNOS DO UNIFAVIP	19
Capítulo 3	29
ESTUDO DE RECALQUES E SUAS INTERAÇÕES EM UMA CÉLULA EXPERIMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	29
Capítulo 4	37
ESTUDO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DE TIJOLOS SOLO-CAL INCORPORADOS COM RESÍDUOS INDUSTRIAIS	37
Capítulo 5	50
MELHORAMENTO DE SOLO COM ADIÇÃO DE PET RECICLADO E CIMENTO PORTLAND	50
Capítulo 6	61
QUALIDADE DO AR E RISCOS AMBIENTAIS NA INDÚSTRIA MOVELEIRA DE PEQUENO PORTE	61
Capítulo 7	74
UTILIZAÇÃO DA MATRIZ REDUZIDA DE LEOPOLD PARA AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NAS ÁGUAS DO RIO BACALHAU NO MUNICÍPIO DE NIQUELÂNDIA – GO, BRASIL	74
Capítulo 8	91
USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA ÁREAS URBANAS EM RECIFE	91
Seção Meteorologia e Climatologia	97
Capítulo 9	98
ANÁLISE CLIMATOLÓGICA DA REGIÃO NORDESTE UTILIZANDO O MODELO DE REGRESSÃO DINÂMICA PARA ESTUDO DA CORRELAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO NA CIDADE DO NATAL-RN	98
Capítulo 10	110
APTIDÃO CLIMÁTICA PARA O ALGODÃO HERBÁCEO (<i>Gossypium hirsutum</i>) NO ESTADO DA PARAÍBA	110
Capítulo 11	122
APTIDÃO CLIMÁTICA DO ESTADO DA PARAÍBA PARA AS PRINCIPAIS CULTURAS ECONÔMICAS UTILIZANDO ÍNDICES CULTURAIS	122
Capítulo 12	136
ÍNDICES DE SECA METEOROLÓGICA COMO INDICATIVOS PARA O PLANEJAMENTO URBANO DAS CIDADES DE PETROLINA, PE, E JUAZEIRO, BA	136
Capítulo 13	147
OROGRAPHICALLY INDUCED GRAVITY WAVES IN THE STABLE BOUNDARY LAYER ABOVE THE AMAZON FOREST	147
Seção Agroecologia	161
Capítulo 14	162
AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE EM AGROECOSSISTEMA DE BASE FAMILIAR NO AGRESTE PARAIBANO	162
Capítulo 15	171
AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA SOCIAL DE PRODUÇÃO AGROECOLÓGICA INTEGRADA E SUSTENTÁVEL (PAIS) NO MUNICÍPIO DE REMÍGIO-PB	171
Capítulo 16	184

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DOS FRUTOS DA PALMA FORRAGEIRA (<i>Opuntia ficus-indica</i>) E DA PALMA DE ESPINHO (<i>Opuntia dillenii</i>) COLETADAS NO SERIDÓ PARAIBANO	184
Capítulo 17	192
MANGA MARANHÃO (<i>Mangifera indica</i>): UMA MANGA SOLIDÁRIA	192
Capítulo 18	198
PRÁTICAS E CAMINHOS PARA O AVANÇO DE UMA CONSTRUÇÃO AGROECOLÓGICA E VALORIZAÇÃO DO SEMIÁRIDO: INTERAÇÃO DE HISTÓRIAS PARA A GERAÇÃO DE CONHECIMENTO	198
Capítulo 19	212
PERCEPÇÃO E FORMAS DE USO DOS DE CACTÁCEAS E SUCULENTAS COM FINS MEDICINAIS: O CASO DA COMUNIDADE FORTUNA, PARAÍBA (BRASIL)	212
Seção Manejo de Solo e Água	220
Capítulo 20	221
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOLO NO ENTORNO DO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA LUIZ GONZAGA – PE	221
Capítulo 21	230
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E GEOTÉCNICA DE UM SOLO PROVENIENTE DAS OBRAS DO PROSAMIM III, NA CIDADE DE MANAUS/AM	230
Capítulo 22	242
FENOLOGIA DO GERGELIM (<i>Sesamum indicum</i> L.) COM IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO EM LAGOA SECA - PB	242
Capítulo 23	247
VIABILIDADE ECONÔMICA DE CULTURAS DE ALFACE IRRIGADAS NUM SISTEMA ORGÂNICO NO AGRESTE PARAIBANO	247

APRESENTAÇÃO

Para ter subsídios para a apresentação desse livro, tivemos que nos debruçar sobre os diversos capítulos contemplados aqui nesse primeiro volume do Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação, e nos inteirar das temáticas pertinentes, atuais e interessantes aqui abordadas. A interdisciplinaridade já acena para o leitor quando o mesmo inicia sua leitura nos primeiros capítulos.

O arcabouço de pesquisas inseridas nessa edição são distribuídas em quatro seções: Engenharia Civil, Meteorologia e Climatologia, Agroecologia, e Manejo de Solo e Água, portanto um portfólio bastante multifacetado, porém com abordagens atualíssimas que são legitimadas com pesquisas atuais, e metodologias que buscam contemplar de forma satisfatória a resolução de problemas de nossa sociedade contemporânea, outros buscam o entendimento de processos e situações, e/ou até mesmo validar saberes centenários através da pesquisa ação e da pesquisa de campo aplicada.

Há em muitos capítulos aqui transcritos uma aproximação prática com experiências inovadoras, o que prontamente nos reportamos a teóricos como Bignetti para diferenciar termos que viram modismos, esse autor afasta tratarmos a inovação como um modismo e longe de ser tratado pejorativamente, aqui ele torna-se clássico à medida que relacionamos com a Ciência e Tecnologia (C&T), partindo de um ponto de vista linear de processos e produtos, para um conceito de inovação na gestão e nos negócios.

Por isso, complementamos a validação inovadora dessas pesquisas com a corroboração de Klement & Yu quando afirmam que, as pesquisas e estudos se ampliaram e se aprofundaram, ramificando o conceito de tal maneira, gerando divergências de opiniões e diferentes linhas de pesquisa. A inovação deve ser trabalhada de uma forma integrada. Inicialmente envolvendo uma visão baseada tanto no produto quanto no serviço, como também fundamentada na inovação tecnológica e não-tecnológica.

Muitas regiões geográficas brasileiras são contempladas com estudos dentro dessa edição, porém há um olhar focado para a problemática de solo, água e ambiente do nosso Nordeste e especialmente a abordagem abrangendo o Semiárido. Nesse sentido observamos na seção Agroecologia que há a necessidade estampada, nos artigos ali alocados, que é fundamental o fortalecimento desses processos, uma vez que ainda existem vários entraves e dificuldades relativas à construção do conhecimento e a validação de saberes empíricos. Oportunidades como essa publicação permite esse acesso do pesquisador à comunidade e aos relatos históricos de ações, tradições e metodologias que necessitam dessa validação para o fortalecimento da própria Agroecologia enquanto ciência em construção.

Das ações de construção, até atingir-se uma utópica realidade sustentável, deve haver uma entrega e uma imersão total que demanda um processo contínuo, integrado, interdisciplinar e interinstitucional que ao mesmo tempo estimule sempre o diálogo de saberes rumo a uma validação científica. Acreditamos que essa reunião de pesquisas científicas aqui compiladas, nos leva a um caminho nesse sentido. Desejo uma boa leitura a todos.

Campina Grande, junho de 2018

Frederico Campos Pereira
Dr. Prof. de Agroecologia - IFPB Campus Picuí

Engenharia Civil



ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE IMPERMEABILIZANTES APLICADOS À CORPOS DE PROVA DE CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND**¹Anny Danielly de Almeida Alexandre****²Fred Rodrigues Barbosa****³Giovanna Feitosa de Lima****⁴Suellen Nathália de Lima Melo****⁵Thays Acioly Lins Santos****⁶Nayara Michele Silva de Lima**¹Engenheira Civil – Unifavip/Wyden, dannyalmeida1@live.com²Engenheiro Civil, fredbarbosa@ig.com.br³Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela UFCG, Especialista em Segurança do Trabalho pelo Unipê, giovannafeitosa@gmail.com⁴Engenheira Civil – Unifavip/Wyden, Especialista em Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável-Uninter, suellen.nlmelo@gmail.com⁵Engenheira Civil – Unifavip/Wyden, Pós-graduanda em Segurança do Trabalho – FIP, thays.acioly@hotmail.com⁶Técnica em Edificações-IFPE, Graduanda Engenharia Civil - Unifavip/Wyden, nayara-michele@hotmail.com**Introdução**

A preocupação com a umidade não se constitui em um problema recente, pois desde o tempo em que habitava as cavernas o homem tem procurado proteger-se da chuva, do frio e dos animais. Ademais, mesmo em uma forma primitiva o homem foi capaz de perceber que através do solo, pelo processo de ascensão, a umidade penetrava nas paredes e tornava a vida dentro das cavernas insalubre. A partir de tais constatações começa a despontar uma necessidade de aprimorar seus conhecimentos acerca dos métodos construtivos e de formas eficientes para isolar suas habitações dos agentes agressivos (FIRMINO, 2013).

A água não representa o único fluido capaz de causar problemas patológicos às edificações, entretanto, pode-se estabelecer que ela representa o mais relevante fluido responsável por ações deletérias em uma construção, agindo por meios de percolação, umidade do solo, por condensação e sob pressão. Firmino (2013) explica que inúmeros casos de manifestações patológicas responsáveis por instabilidade ou até perda total de funcionalidade, segurança e estética de uma obra estão relacionados a problemas provocados pela penetração de água aliada a outros agentes agressivos. Mesmo na atualidade, a construção civil ainda se depara com problemas decorrentes da ação de agentes agressivos nas construções e tal assunto continua sendo objeto de estudos e pesquisas por pesquisadores em todo o mundo no intuito de se desenvolverem produtos que melhor atendam às expectativas do mercado com baixo custo de implantação e manutenção.

Quando o assunto é a proteção frente a agentes agressivos, Sayegh (2001) contribui ao afirmar que o concreto surge como uma boa opção inicial e tem sido empregado como uma alternativa para a solução desta problemática devido a razões como seu baixo índice de permeabilidade à água, o que possibilita sua utilização inclusive na construção de reservatórios de água, tanques, pontes e pavimentos. Entretanto, mesmo possuindo baixo índice de permeabilidade a água, o concreto ainda deve ser considerado como um material microscopicamente poroso, ou seja, quando sua utilização implicar em uso estanque mediante acúmulo de água submetida à relativa pressão hidrostática, tornar-se-á imprescindível a utilização de mecanismos adicionais no intuito de melhorar sua performance em relação à estanqueidade.

Problemas de estanqueidade assumem características ainda mais relevantes quando se tratam de obras hidráulicas como reservatórios, piscinas, túneis etc., tendo em vista que nestes casos, as estruturas encontram-se diretamente expostas à pressão hidrostática, mesmo que advinda do lençol freático. Muitos reservatórios de água apresentam patologias decorrentes de falha na execução, conservação e manutenção, e essas patologias podem causar dentre outros a contaminação do solo e aquíferos subterrâneos. Uma solução possível para viabilizar esta melhoria encontra-se em associar-se a utilização de estruturas de concreto à aplicação de aditivos impermeabilizantes, uma vez que a adição

de polímeros impermeabilizantes ajuda a promover um fechamento dos poros existentes na massa do concreto e uma consequente redução nos índices de porosidade e absorção de água (FIRMINO, 2007).

A NBR 9575:2003 aponta a impermeabilização como sendo um produto resultante de um conjunto de componentes e serviços que objetivam proteger as construções civis contra a ação deletéria de fluidos, de vapores e da umidade. Righi (2009) demonstra que a impermeabilização é de fundamental importância na durabilidade das construções, pois os agentes trazidos pela água e os poluentes existentes no ar causam danos irreversíveis às estruturas e prejuízos financeiros difíceis de serem contornados.

De uma maneira geral, os sistemas de impermeabilização procuram propiciar aos usuários conforto e segurança, além de proteger as edificações de inúmeros problemas patológicos provenientes da infiltração de agentes agressivos. Neste sentido, o uso de aditivos impermeabilizantes contribui para a proteção contra a invasão de gases, umidade, água e ação de materiais trazidos pelo vento. Logo, uma estrutura bem executada e associada a um eficiente sistema de impermeabilização terá uma maior vida útil (DINIS, 1997).

Denver (2013) esclarece que não se pode contestar que um bom desempenho do sistema de impermeabilização encontra-se atrelado a uma escolha adequada do tipo (em função das características da obra) e da qualidade dos materiais que serão empregados no processo. Por isso, é fundamental que a escolha do sistema a ser empregado não esteja pautada apenas em uma avaliação de custo, mas principalmente em uma visão sistêmica que possibilite compreender desde a facilidade de aplicação e consumo de mão de obra no processo, até os esforços que necessitam ser desprendidos para a manutenção do sistema.

A falta de impermeabilização ou uso inadequado dos materiais impermeabilizantes é um dos problemas mais citados em obras de construção civil. Esse problema está relacionado à negligência quanto ao uso e, algumas vezes, associado ao custo. Estudos mostram que o custo de uma boa impermeabilização representa de 1 a 3% do orçamento total da obra enquanto que os custos com reparos após a edificação já pronta podem chegar ao patamar de 15% do valor da obra (SPAGNOLLO, 2014).

Existem no Brasil diversos produtos impermeabilizantes, de qualidade e desempenho variáveis, apresentando diversas origens e métodos para posterior aplicação, normalizados ou não, que para utilização devem ter suas características intimamente estudadas, permitindo a escolha de um adequado sistema de impermeabilização. Deve-se sempre procurar conhecer todos os parâmetros técnicos e ações físico-químicas envolvidas no processo para a escolha adequada do sistema impermeabilizante. Neste sentido, escolher o produto adequado e entender a melhor forma de aplicação de cada sistema de impermeabilização representa um passo de significativa relevância para os processos construtivos na Indústria da Construção Civil (VIEIRA, 2008).

A escolha do impermeabilizante vai depender bastante da base que irá receber o produto, pois é de acordo com o seu grau de fissuração, deformabilidade, movimentações térmicas, geometria e exposição que será definido o produto ideal. Sabbatini (2006) apresenta ainda fatores relevantes que devem ser considerados quando da escolha do sistema de impermeabilização, quais sejam: pressão hidrostática, frequência de umidade, exposição ao sol, exposição a cargas, movimentação da base e extensão da aplicação.

A utilização de produtos adequados associada à sua correta aplicação proporcionam resultados positivos, tais como: a não alteração do tempo de pega e endurecimento, redução da permeabilidade, aumento da plasticidade, maior impermeabilização possível e melhora na trabalhabilidade, evitando eflorescência e posteriormente a corrosão da armadura (CRUZ, 2003).

Uma das opções para sistemas hidráulicos encontra-se na utilização de argamassas poliméricas. Segundo a NBR 9575 (ABNT, 2010), argamassa polimérica é um tipo de impermeabilização industrializada, aplicada em substrato de concreto ou alvenaria, constituída de agregados minerais inertes, cimento e polímeros, formando um revestimento com propriedades impermeabilizantes.

No que diz respeito ao uso de argamassas poliméricas, Sayegh (2001) afirma que o produto acompanha de maneira satisfatória, pequenas movimentações das estruturas, e que a impermeabilização decorre da formação de um filme de polímeros e da granulometria fechada dos agregados contidos na porção cimentícia que impedem a passagem da água. Já, Dinis (1997), avalia a argamassa polimérica como um sistema semirrígido que suporta microfissuras, dependendo de suas espessuras e reforços, suportando também grandes deformações estruturais.

A presente pesquisa tem por finalidade analisar a eficiência do uso de três tipos de soluções impermeabilizantes disponíveis no mercado, a fim de diferenciar o desempenho sob o ponto de vista da absorção total de água a considerar a existência de possíveis efeitos colaterais nas propriedades mecânicas do material, permitindo assim estabelecer inferências acerca da redução da porosidade e da permeabilidade proporcionada pelos materiais empregados.

Material e Métodos

Agregados

Para o agregado miúdo foi utilizada uma areia natural de natureza quartzosa que é bastante utilizada na região de Pernambuco. O agregado graúdo apresenta natureza granítica e também pode ser facilmente encontrado na região. Para caracterização dos agregados utilizados na composição dos concretos, foram realizados os ensaios de determinação da composição granulométrica dos agregados graúdos e miúdos (conforme NBR NM 248:2003) e determinação da massa específica dos materiais. As Tabelas 1 e 2 apresentam as composições granulométricas dos agregados miúdo e graúdo, respectivamente, e a Figura 1 apresenta as curvas de distribuição granulométrica destes materiais.

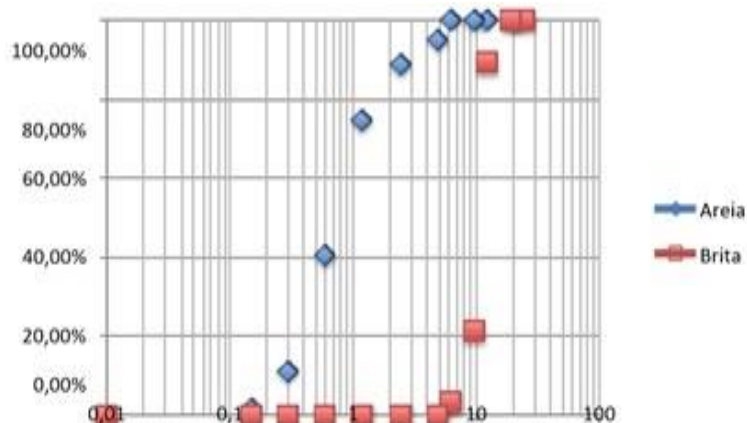


Figura 1. Curva granulométrica dos agregados utilizados.

Tabela 1. Características da areia utilizada

Composição Granulométrica da Areia Utilizada				
Peneira (mm)	Massa Retida Individual (g)	Massa Retida (%)	Massa Retida Acumulada (%)	Massa Passante Acumulada (%)
9,5	0	0,00	0,00	100,00
6,3	0	0,00	0,00	100,00
4,8	24,06	4,82	4,82	95,18
2,4	31,76	6,36	11,18	88,82
1,2	71,36	14,29	25,46	74,54
0,6	170,8	34,20	59,66	40,34
0,3	146,86	29,40	89,06	10,94
0,15	46,25	9,26	98,32	1,68
Fundo	8,37	1,68	100,00	0,00
Total	499,46	100,00		
Diâmetro Máximo		4,8mm	Classificação: Areia Média	
Módulo de Finura			2,89	
Massa Específica (g/cm ³)			2,60	

Tabela 2. Características da brita utilizada

Composição granulométrica da brita utilizada				
Peneira (mm)	Massa Retida Individual (g)	(%) Massa Retida	(%) Massa Retida Acumulada	(%) Massa Passante Acumulada
19	0	0,00	0,00	100,00
12,5	104,50	10,46	10,46	89,54
9,5	680,50	68,12	78,58	21,42
6,3	179,80	18,00	96,58	3,42
4,8	34,20	3,42	100,00	0,00
2,4	0	0,00	100,00	0,00
1,2	0	0,00	100,00	0,00
0,6	0	0,00	100,00	0,00
0,3	0	0,00	100,00	0,00
0,15	0	0,00	100,00	0,00
Fundo	0	0,00	100,00	0,00
Total	999,00	100,00		
Diâmetro Máximo		19 mm	Classificação: Brita1	
Massa Específica (g/cm ³)			2,67	

Cimento

O cimento utilizado para a confecção de todos os corpos de prova foi o CP II Z 32. As Tabelas 3 e 4 especificam as características físicas e químicas do cimento empregado.

Tabela 3. Características físicas do cimento utilizado

Determinação		Resultados
Caracterização Física	Água para consistência normal (%)	26,8
	Área específica Blaine (cm ² /g)	3540
	Massa Específica (g/cm ³)	3,04
	Densidade Aparente (g/cm ³)	1,20
	Finura	Resíduo na peneira #200 (%)
		Resíduo na peneira #325 (%)
	Tempo de Pega	Início (min)
		Fim (min)
	Resistência à Compressão	3 dias (MPa)
		7 dias (MPa)
		28 dias (MPa)

Fonte: Grupo Elizabeth Cimentos (2016).

Tabela 4. Características químicas do cimento utilizado

Determinação		Resultados
Caracterização Química (%)	Composição potencial do Clínquer	C3S
		C2S
		C3A
		C4AF
	Perda ao fogo	
	Resíduo insolúvel	
	Al ₂ O ₃	
	SiO ₂	
	Fe ₂ O ₃	
	CaO	
	MgO	
	SO ₃	
	CaO livre	
	Equivalente alcalino em Na ₂ O	

Fonte: Grupo Elizabeth Cimentos (2016).

Impermeabilizantes empregados

Após realização de uma pesquisa de mercado sobre os produtos de maior acessibilidade no município de Caruaru –PE e municípios próximos, foram selecionados 3 tipos de impermeabilizantes para o desenvolvimento do presente trabalho. Todos os impermeabilizantes selecionados foram do tipo Argamassa Polimérica. A Tabela 5 representa as características destes produtos.

Tabela 5. Características dos impermeabilizantes utilizados

Classificação	Identificação da Pesquisa	Composição	Consumo de demão	Densidade	Número de demão	Intervalos entre De mãos
Flexível	A	Mineral modificado com polímeros	2kg/m ³	1,6g/cm ³	2	6 horas
Semiflexível	B	Mineral Modificado com polímeros acrílicos	2kg/m ³	1,4g/cm ³	1 a 2	20 minutos
Semiflexível	C	Cimentos Especiais, aditivos minerais e Resinas	2kg/m ³	1,0g/cm ³	2	6 horas

A argamassa aqui tratada como produto “A” se constitui em um revestimento mineral flexível modificado com polímeros acrílicos estirenados para a impermeabilização de estruturas em contato com água potável, sujeitas a pressão hidrostática. O fabricante também recomenda sua utilização para lajes, piscinas, fachadas, pisos frios, baldrame e fundações. O tratamento deve ainda considerar condições particulares para o substrato onde se dará a aplicação, de forma que ele deve estar: úmido, limpo, firme e sem porosidade, livre de elementos como graxa, tinta, sujeira, poeira, nata de cimento, desmoldante, partículas soltas ou outros contaminantes.

Como produto “B” tem-se um revestimento mineral modificado com polímeros acrílicos para a impermeabilização de estruturas em contato com água potável, sujeitas a pressão hidrostática. É também um revestimento impermeável para fachadas, pisos frios, baldrame e fundações. O fabricante recomenda um preparo cuidadoso do substrato para assegurar a durabilidade da impermeabilização.

O produto “C” representa um sistema impermeabilizante, semiflexível, formulado à base de cimentos especiais, aditivos minerais e resinas, conferindo ao revestimento características impermeabilizantes e resistência mecânica. O fabricante indica sua utilização para impermeabilização de subsolo, cortina, poço de elevador, muro de arrimo, parede interna e externa, baldrame, tanque, piscina, piso frio em contato com o solo, reservatório de água potável e piscina enterrada sujeita a infiltração do lençol freático.

Em que pese a NBR 9575:2010 caracterizar a argamassa polimérica como um sistema de impermeabilização rígida, nesta pesquisa foi adotada a classificação informada pelos fornecedores.

Tabela 6. Nomenclatura das misturas produzidas

Família	Proporcionalidade em Massa Aglomerante: Agregado	Objetivo	Impermeabilizante Aplicado
CE Ref	1:4,26	Concreto Estrutural	Nenhum
CIA			Produto A
CIB			Produto B
CIC			Produto C

Misturas Produzidas

Para o estudo em pauta utilizou-se como referência um concreto estrutural com proporcionalidade aglomerante: agregado, em massa, constante e igual a 1:4,26 sobre o qual foram aplicados os 3 (três) tipos de impermeabilizantes. A nomenclatura adotada para as misturas produzidas

segue apresentada na Tabela 6 e as propriedades do concreto produzido encontram-se apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7. Proporcionalidades para as misturas produzidas

Família	Objetivo	Traço Unitário em Massa				Relações Importantes		
		Cimento	Areia	Brita1	Impermeabilizante	a/agl*	A (%) **	A(%)***
CERef	Concreto Estrutural	1	1,70	2,56	-	0,605	11,50%	51,33%
CIA		1	1,70	2,56	Produto A aplicado Por pintura em 2 demãos			
CIB		1	1,70	2,56	Produto B aplicado Por pintura em 2 demãos			
CIC		1	1,70	2,56	Produto C aplicado Por pintura em 2 demãos			

* Relação Água/Aglomerante, **Lei de Lyne, *** Teor de Argamassa.

Na dosagem também se adotou como parâmetro de controle a manutenção da trabalhabilidade no intervalo de 8 ± 2 cm, que foi verificada através do ensaio de abatimento de tronco de cone (slump test), conforme a NBR NM 67 (ABNT, 1998).

Após a moldagem os corpos de prova tiveram suas superfícies expostas cobertas por papel filme para evitar uma excessiva perda de água por evaporação e após 24 horas os mesmos foram desmoldados e submetidos à cura por imersão total.

Para cada uma das famílias estudadas foram moldados 5 corpos de prova cilíndricos nas dimensões 10cm x 20cm, totalizando 20 amostras a serem analisadas em relação à absorção de água do concreto em 5 intervalos de tempo distintos (T1=após 4 horas de ação; T2= após 8 horas de ação; T3= após 24 horas de ação; T4= após 48 horas de ação; T5= após 72 horas de ação).

Procedimento Experimental

O procedimento técnico realizou-se através de uma análise laboratorial, cuja finalidade consistiu em avaliar a capacidade que proteções superficiais classificadas como argamassas poliméricas possuem de impedir a penetração de água. Para tal, foram selecionados 3 tipos distintos de impermeabilizantes disponíveis no mercado para avaliação da sua eficiência e posterior análise dos resultados, nos quais receberam as denominações de: produto “A”, produto “B” e produto “C”. A Figura 2 apresenta o aspecto dos corpos de prova após a aplicação dos impermeabilizantes.

Neste sentido, foi escolhido como referencial para análise, os resultados do ensaio de absorção de água por imersão que consiste em determinar a absorção por imersão de corpos de prova ao longo do ensaio em decorrência da variação de massa do antes e do depois da exposição à água. Optou-se pelo ensaio de absorção devido às circunstâncias causadas pela penetração de água no concreto ou argamassa, gerando alterações nas características de durabilidade e consequentemente na vida útil de projeto.

Este ensaio foi realizado em 5 intervalos de tempo distintos, estabelecendo-se como mais eficiente aquele resultado que mais se aproxima de zero, por configurar maior capacidade de inibir a percolação de fluidos por sua rede de poros.

Para os ensaios de avaliação das taxas de absorção foram separados 5 corpos de prova cilíndricos de concreto para cada produto (A, B e C) bem como para o parâmetro de referência que é caracterizado por não possuir nenhum tipo de impermeabilizante, totalizando 20 corpos de prova.



Figura 2. Corpos de prova com aplicação dos produtos A, B, C e referência.

Posteriormente à etapa de moldagem e cura, todos os corpos de prova foram submetidos à pesagem e em seguida colocados em estufa para secagem à temperatura de 105°C por 72 horas (Figura 4), em seguida os corpos de prova foram resfriados ao ar seco sobre a temperatura de $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ e pesados novamente para aplicação das proteções superficiais.

Na sequência foram determinadas as massas de todos os corpos de prova aplicados com produtos A, B e C. Seguindo as recomendações da NBR 9778:2005, após o tempo de cura indicado por cada fornecedor, as amostras dos corpos de prova foram imersas apenas 1/3 do seu comprimento durante 4 horas e em seguida pesadas. Após a pesagem as mesmas amostras foram imersas novamente, dessa vez sobre 2/3 do seu comprimento nas 4 horas subsequentes seguido de pesagem.

Após pesar os corpos de prova aplicados com produtos A, B e C, levaram-se os mesmos para serem submetidos à imersão total nos intervalos de 24, 48 e 72 horas, sempre seguidos de pesagem.

Resultados e Discussão

Após a última pesagem dos corpos de prova, realizadas após 72h, obtiveram-se os resultados expostos entre as Tabelas 8 e 11. A absorção foi obtida de acordo com a massa de cada corpo de prova que foi determinada com pesagem após enxugar sua superfície.

As análises realizadas procuraram observar as características dos impermeabilizantes referente à sua eficiência em relação à redução de permeabilidade do concreto. Neste sentido, a Figura 3 apresenta uma avaliação comparativa dos resultados para todos os impermeabilizantes avaliados e em todos os intervalos de estudo e a Figura 4 apresenta um comparativo focado apenas no resultado após 72 horas de ensaio.

Tabela 8. Resultados das absorções em gramas do impermeabilizante “A”

Impermeabilizante “A”					
Identificação dos cps	4 horas	8 horas	24 horas	48 horas	72 horas
1	1,50	2,40	5,50	3,40	6,90
2	3,10	6,90	23,30	30,50	43,10
3	2,00	4,30	10,00	10,40	17,10
4	1,40	3,50	12,60	20,10	31,10
5	1,90	4,90	13,50	17,70	23,50
Média	1,98	4,40	12,98	16,42	24,34

Tabela 9. Resultados das absorções em gramas do impermeabilizante “B”

Impermeabilizante “B”					
Identificação dos cps	4 horas	8 horas	24 horas	48 horas	72 horas
11	40,50	92,10	164,00	164,80	168,80
12	47,20	90,90	147,80	149,40	155,10
13	55,80	107,80	192,40	191,40	196,10
14	50,70	106,70	178,00	179,00	183,10
15	56,30	101,50	206,50	207,30	211,60
Média	50,10	99,80	177,74	178,38	182,94

Tabela 10. Resultados das absorções em gramas do impermeabilizante “C”

Impermeabilizante “C”					
Identificação dos cps.	4 horas	8 horas	24 horas	48 horas	72 horas
6	18,80	35,30	71,00	78,20	85,60
7	35,20	55,10	118,10	127,60	136,40
8	19,60	34,00	66,50	74,40	83,80
9	29,50	55,90	110,60	119,30	127,20
10	31,10	56,50	112,90	122,90	132,20
Média	26,84	47,36	95,82	104,48	113,04

Tabela 11. Resultados das absorções em gramas dos CPs de referência

Referência					
Identificação dos cps	4 horas	8 horas	24 horas	48 horas	72 horas
20	56,10	120,40	211,00	209,10	212,60
21	55,70	111,90	187,40	187,10	190,70
22	50,20	96,30	151,10	149,20	153,40
23	58,70	124,70	200,40	197,70	201,80
24	56,60	103,70	172,40	171,10	175,20
Média	55,46	111,40	184,46	182,84	186,74

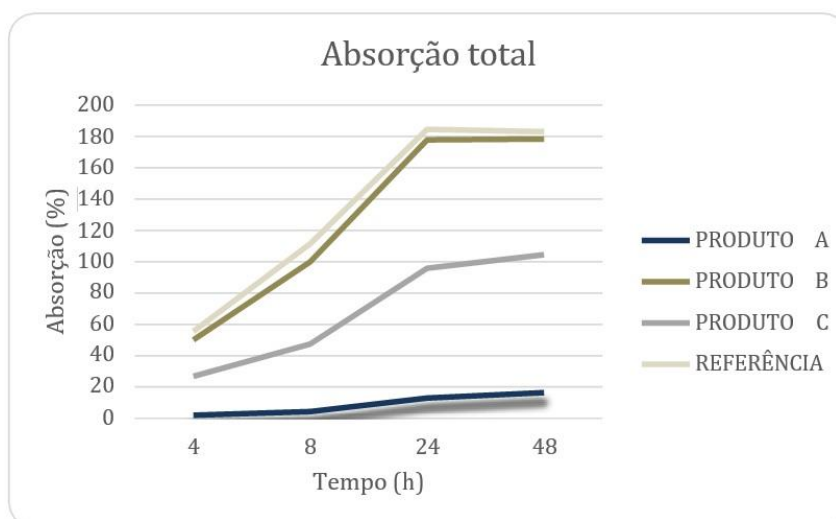


Figura 3. Resultados das absorções em taxa nos intervalos de 4, 8, 24 e 48h.

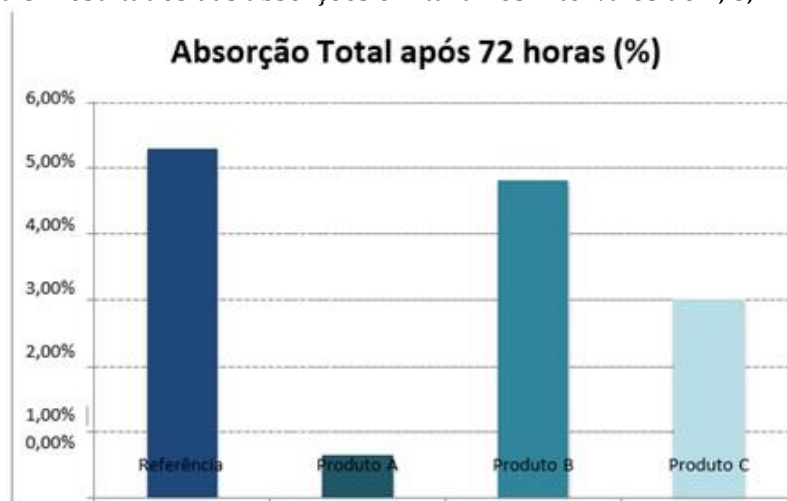


Figura 4. Resultados das absorções em taxa (%).

Os resultados obtidos procuram expressar a tendência do grau de proteção impermeabilizante de cada produto aplicado sobre os corpos de prova ensaiados. Evidentemente, o desempenho dos produtos testados é obtido ao se comparar os resultados médios de absorção com o que se pode observar para os concretos de referência (sem impermeabilizantes), tendo em vista que estes devem representar a taxa máxima de absorção tolerada para este estudo.

O produto A apresentou o melhor desempenho, em relação aos 3 produtos ensaiados, atingindo um patamar de absorção média de apenas 12% em relação às amostras não tratadas, valor este que não representa um limite para a eficácia do impermeabilizante, mas sim um dado comparativo frente aos resultados dos demais impermeabilizantes utilizados (B e C). O único ponto a se questionar na aplicação deste produto reside na variabilidade de resultados, uma vez que o coeficiente de variação observado para a idade de 72 horas de ensaio ultrapassou os 50%.

O produto B foi o que apresentou o pior desempenho, atingindo cerca de 90% da absorção verificada para as amostras de referência, ou seja, seu desempenho pode ser considerado como equivalente à condição sem aditivo, tendo em vista que a sua aplicação não evitou que se verificasse uma elevada absorção de água pelos corpos de prova. Há que se destacar que os ensaios realizados não recorreram a elevadas cargas hidrostáticas como forma de acelerar a absorção de água pelas amostras; fato que pode influenciar de forma ainda mais negativa o desempenho do produto, mas que pode ser considerada como uma situação possível de ser identificada em obra.

O produto C apresentou desempenho intermediário, atingindo absorção média após 72 horas de ensaio de 3,01%; condição que equivale a cerca de 56% do que foi obtido para as amostras de referência. Além disso, o coeficiente de variação para os resultados ensaiados foi de 23,07%, significativamente inferior ao observado para o produto A, embora ainda represente uma variabilidade significativa. Este conjunto de elementos, permite qualificar o produto C como sendo um bom produto para utilização em estruturas de concreto, considerando que foi capaz de reduzir a absorção em cerca de 50%.

Dafico et al. (2004) utilizou do mesmo método desenvolvido nesta pesquisa e constatou que os distintos tipos de produtos interagem de maneira diferente as propriedades das argamassas, quando avaliado a redução da permeabilidade alguns melhoram as propriedades de transporte mesmo se utilizados em pequenas quantidades e outros só exibem algum efeito se a argamassa tiver baixa relação água/cimento.

As avaliações realizadas permitem constatar que a impermeabilização representa, de fato, uma importante etapa na implantação de uma obra e não podendo ser tratada de forma secundária. Deve-se prever a elaboração de projetos específicos por profissional de reconhecido conhecimento técnico, além de garantir que a execução dos serviços correrá por conta de equipes igualmente qualificadas. Desta forma, espera-se obter não apenas a escolha da melhor solução como também a execução adequada dos sistemas.

Considerando a diversidade de produtos ofertados no mercado, observa-se a necessidade de se estabelecer procedimentos contínuos de avaliação de desempenho que permitam comparar a eficiência prometida pelos diferentes sistemas de impermeabilização disponíveis; fato que permitirá a escolha do sistema mais adequado com maior embasamento técnico.

Conclusão

Através dos dados obtidos, expõe-se o preocupante fato de determinados produtos impermeabilizantes estarem sendo comercializados no mercado sem que exerçam suas devidas funções, podendo assim haver o comprometimento da estrutura sobre a qual o produto foi aplicado.

As análises também permitiram constatar que o uso de argamassas poliméricas pode ser entendido como eficiente e satisfatório para utilização em estruturas de concreto armado, entretanto, também se observou que o desempenho dos produtos ofertados no mercado variam de forma significativa entre eles, ratificando a necessidade de avaliações preliminares ao uso enquanto ainda não são gerados parâmetros normativos que permitam ao consumidor, técnico ou não, promover uma melhor seleção dos materiais que deseja utilizar.

Outro ponto relevante consiste na avaliação da metodologia aqui proposta para avaliação da eficiência dos impermeabilizantes. Os resultados observados permitem-nos inferir que a metodologia de avaliação se mostrou simples e eficiente para esta finalidade.

Para as condições apresentadas neste estudo, o melhor desempenho foi observado quando da aplicação do produto "A", tendo em vista que o mesmo, nos intervalos analisados, foi o que melhor impediu a absorção de água, garantindo uma impermeabilização nos poros do concreto, de fora para

dentro, protegendo o concreto e assegurando uma vida útil maior à estrutura. A absorção média das amostras tratadas com este produto mostraram uma absorção total no patamar de apenas 12% quando comparadas às amostras não tratadas.

Este desempenho não foi observado quando da utilização do aditivo B. Os resultados de absorção resultantes da aplicação deste aditivo para todas as amostras foram insatisfatórios, visto que a redução quanto à absorção de água verificada foi insignificante, indicando que a utilização deste produto pode não proporcionar uma impermeabilização eficiente, colocando-o em condição questionável quanto ao seu emprego em estruturas de concreto armado.

O aditivo C apresentou desempenho satisfatório, qualificando para utilização, embora as análises demonstraram a possibilidade de obtenção no mercado de produtos com eficácia muito superior, fato que poderia restringir sua indicação para estruturas de importância intermediária.

A análise do desempenho de cada impermeabilizante é de extrema importância para que o usuário tenha conhecimento e confiança no produto que está sendo utilizado na estrutura para evitar futuros problemas patológicos assim como estruturais.

Referências

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9575: Impermeabilização - Seleção e projeto. Rio de Janeiro, 2003.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9778:2005: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9935: Agregados - Terminologia. Rio de Janeiro, 2011.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2001.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 67. Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.
- CRUZ, J. H. P. Manifestações patológicas de impermeabilizações com uso de sistema não aderido de mantas asfálticas: avaliação e análise com auxílio de sistema multimídia. 168f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). UFRGS. Porto Alegre, 2003.
- DAFICO A. D.; FERRO K. M. S.; CAVALCANTE M. C. DE O. Análise de desempenho de aditivos impermeabilizantes para argamassas, 2004.
- DENVER. Manual Técnico de Impermeabilização. Apostila da Denver impermeabilizantes, 2013.
- DINIS, H. A impermeabilização e o usuário – Proposta para classificação dos sistemas de impermeabilizantes, segundo suas características físico-mecânicas e de aderência ao substrato. In: Simpósio Brasileiro de Impermeabilização, 10, 1997. São Paulo. Anais...São Paulo, 1997, p.224-235.
- FIRMINO, S. Material de Aula de Métodos Construtivos – Curso de Especialização em Construção Civil - UFMG, 2013.
- FIRMINO, S. Sistemas Impermeabilizantes. Disponível em: <http://www.demc.ufmg.br/dalmo/>>. Acesso em: 4 de setembro de 2015.
- RIGHI, G. V. Estudo dos sistemas de impermeabilização: patologias, prevenções e correções – análises de casos. 95f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Santa Maria. RS, 2009.
- SABBATINI, F.; CARDOSO, F.; FRANCO, L.; BARROS, M. Impermeabilização – Sistemas e execução. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2006. 20p. Disponível em: <http://pcc2436.pcc.usp.br>, Acesso em: 06/09/2015.
- YAZIGI, W. A Técnica de Edificar. São Paulo: Pini, 2011.
- VEDACIT. Manual técnico de impermeabilização de estruturas. 4º Edição. Disponível em: <http://www.vedacit.com.br>, Acesso em: 20/09/2015.
- SAYEGH, S. Cimentos e polímeros contra a umidade. *Téchne*, n.56, p.42-44, 2001.
- SPAGNOLLO, J. R. Impermeabilização: Áreas diversas. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=20&Cod=413>>. Acesso em: 5 de setembro de 2015.
- VIEIRA, E. S. Análise comparativa de sistema de impermeabilização incorporando como estruturantes fibras de sisal e de poliéster. 84f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Fluminense. RJ, 2008.

ANÁLISE DOS IMPACTOS PROVOCADOS PELOS PROBLEMAS DE MOBILIDADE URBANA SOBRE OS ALUNOS DO UNIFAVIP

¹Nayara Michele Silva de Lima

²Giovanna Feitosa de Lima

³Larissa Santana Batista

⁴Suellen Nathália de Lima Melo

⁵Gabriella Feitosa de Lima

¹Técnica em Edificações–IFPE, Graduanda Engenharia Civil - Unifavip/Wyden, nayara-michele@hotmail.com

²Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela UFCG, Especialista em Segurança do Trabalho pelo Unipê,
giovannafeitosa@gmail.com

³Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela UFCG, Especialista em Gestão de Projetos pela FGV,
larisantanabatista@gmail.com

⁴Engenheira Civil - Unifavip/Wyden, Especialista em Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável – Uninter,
suellen.nlmelo@gmail.com

⁵Engenheira Civil – Unifavip/Wyden, Pós-graduanda em Infraestrutura de transportes e rodovias – IPOG,
gabriellafeitosa_2@hotmail.com

Introdução

O deslocamento de estudantes para outros municípios cresce conforme a escolaridade, isso está diretamente relacionado à distribuição desigual das unidades de ensino no país. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 29,2% dos alunos do nível superior estudam em uma cidade diferente da que vive. Em Caruaru, o crescimento urbano fez com que fossem implantadas instituições de ensino superior e em 2001, foi fundada a instituição Faculdade do Vale do Ipojuca (FAVIP), elevada em 2015 ao grau de Centro Universitário do Vale do Ipojuca (UNIFAVIP), que oferece 37 cursos superiores e 17 especializações, atendendo a vários municípios do agreste setentrional pernambucano (UNIFAVIP, 2016).

No decorrer do tempo, houve um aumento na demanda e no deslocamento dos estudantes ao UNIFAVIP, com isso, a rua Adjar da Silva Casé, principal via de acesso ao UNIFAVIP e Caruaru Shopping e ligada a BR – 232, cada ano tem sido prejudicada pelo excesso de estudantes, tornando a via muito densa, ou seja, muitos veículos para um determinado trecho, diminuindo o conforto e aumentando o tempo do deslocamento. O desencadeamento das transformações urbanas nas cidades e no país como um todo, se mostra e se estabelece de maneira muito sólida e alastrante, e segundo Robson Alves Cerqueira de Jesus, a mobilidade pela cidade é indispensável à população, e ao mesmo tempo resultado do planejamento ineficaz, inoperante e/ou inexistente no que tange a urbanização, o que se faz necessário a reorganização dos sistemas para que se alcance a eficácia, economia e conforto (UNIFAVIP, 2016).

O desencadeamento das transformações urbanas nas cidades e no país como um todo se estabelece de maneira sólida, mais precisamente no déficit habitacional; no acesso precário da população de baixa renda aos equipamentos e serviços públicos; na degradação ambiental que acompanha o desenvolvimento urbano e na precariedade do sistema de mobilidade que afeta de forma direta toda a população. O Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2010), aponta que nos últimos 30 anos o processo de urbanização no Brasil manteve-se acelerado e apresentou situações de grande diversidade e heterogeneidade no território nacional, destacando-se que a interiorização do fenômeno urbano; a acelerada urbanização das áreas de fronteira econômica; o crescimento das cidades médias; a periferização dos centros urbanos; e a formação e a consolidação de aglomerações urbanas metropolitanas e não metropolitanas.

Segundo definição de Vargas (2008, apud PASQUALETTO, 2013) mobilidade urbana é a capacidade de deslocamento de bens e pessoas no meio urbano para a realização de suas atividades de modo confortável, seguro e em um tempo considerado ideal. O Brasil passou a contar com uma Política de Mobilidade Urbana a partir de janeiro de 2012 que define as diretrizes que devem orientar a regulamentação e o planejamento da mobilidade urbana nas cidades brasileiras. Essas diretrizes defendem o estímulo ao deslocamento por meios de transporte não motorizados ou coletivos e o desestímulo aos transportes individuais motorizados, conforme a Lei n. 12.587/12.

Dentre os maiores desafios encontrados para a execução do plano de mobilidade destaca-se o aumento da frota de veículos em circulação nas cidades. O Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM, 2005) afirma que o crescimento desordenado das cidades produz reflexos negativos sobre os transportes urbanos e leva a cidades menos acessíveis para todos os habitantes. Uma política de investimentos que não favorece o transporte público e uma política de uso do solo que não leve a mobilidade urbana contribuem para o aparecimento de um número cada vez maior de veículos particulares nas ruas, agravando os congestionamentos e gerando uma pressão política por maior capacidade de tráfego das avenidas, túneis e viadutos.

Segundo dados do Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN, 2013; 2016), a frota nacional até setembro de 2016 chegava a 93.071.511 de veículos, sendo deste total 50.902.511 automóveis. Em dezembro de 2013, ano seguinte à implantação da Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU), a frota era de 81.600.729 veículos, sendo deste total 45.444.387 automóveis. Os dados apresentados demonstram um aumento de aproximadamente 14 e 12% nas frotas total e de automóveis, respectivamente. Esse aumento foi promovido em função de políticas de incentivo de compras de automóveis promovidas pelo governo, desde a redução do Imposto sobre produtos industrializados – IPI – (VIANNA, 2013) até a abertura de linha de crédito para financiamento.

Os investimentos trazidos pelo PAC – Programa de Aceleração do Crescimento – trouxeram esperança para a infraestrutura de mobilidade urbana nas médias e grandes cidades. O Ministério das Cidades (2013) aponta que de 2003 a 2013 foram investidos R\$ 21,6 bilhões para infraestrutura de transporte urbano pelo programa, porém ainda se fazem necessários maiores investimentos. A partir dos investimentos federais, fica a cargo do poder executivo do município e a sociedade planejar a forma com que esses recursos devem ser aplicados, visando integrar os investimentos em infraestrutura com o uso do solo urbano e em alguns casos regulamentar a circulação dos veículos.

Diante disto este trabalho objetiva um estudo no intuito de determinar como se constitui e caracteriza o descolamento dos estudantes do UNIFAVIP, quais são os meios usados, no que implicam e de que forma toda a problemática se dissemina em torno do conceito de mobilidade urbana e suas variáveis.

Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido no campus UNIFAVIP - Caruaru com alunos predominantemente jovens, dos mais diversos cursos que são oferecidos na instituição de ensino superior, o questionário abrangeu os três turnos letivos para garantir a idoneidade da pesquisa. Foi proposto um formulário com perguntas sobre como são realizados os deslocamentos e suas interferências. A pesquisa foi aplicada por alunos da disciplina de Planejamento Urbano e Engenharia de Tráfego e foram direcionados para a aplicação dos formulários e posterior interpretação crítica das respostas. Os questionários foram padronizados em Excel®, onde foram gerados gráficos que subsidiaram a análise de resultados.

Esta pesquisa pode ser classificada como qualitativa, pois as amostras são representativas da população, os resultados são tomados como se constituíssem um retrato real de toda a população alvo da pesquisa (FONSECA, 2002). Se define ainda como um estudo de caso por ser um problema que reproduz os questionamentos, as incertezas e as possibilidades de um contexto que dispare a necessidade de uma tomada de decisão. Com processos de chegar a conclusões por meio da análise e discussão coletiva das informações expostas no estudo de caso, promovendo o raciocínio crítico e argumentativo dos alunos.

Resultado e Discussão

Como forma de alcançar os objetivos desta pesquisa, 638 estudantes do UNIFAVIP foram submetidos a um questionário com temas relacionados a mobilidade urbana, sustentabilidade, infraestrutura e segurança.

A faixa etária predominante entre os entrevistados foi de 18 a 25 anos, onde 53% pertencia à classe feminina e 47% à classe masculina. Do total apenas 47% estão ativos no mercado de trabalho.

O UNIFAVIP, por estar localizado em uma área urbana de Caruaru, faz com que todos os estudantes se utilizem dos instrumentos de mobilidade, validando assim todas as opiniões recebidas no questionário.

Caracterização da mobilidade urbana sob a ótica dos alunos do UNIFAVIP

Quando questionados sobre a distância entre a sua residência, mais da metade afirmam que é superior a 15km, constando que boa parte dos estudantes residem em cidades diferentes da que estudam, mostrado na Figura 1. Os entrevistados afirmam que se o percurso fosse menor, teriam melhores rendimentos nos estudos.

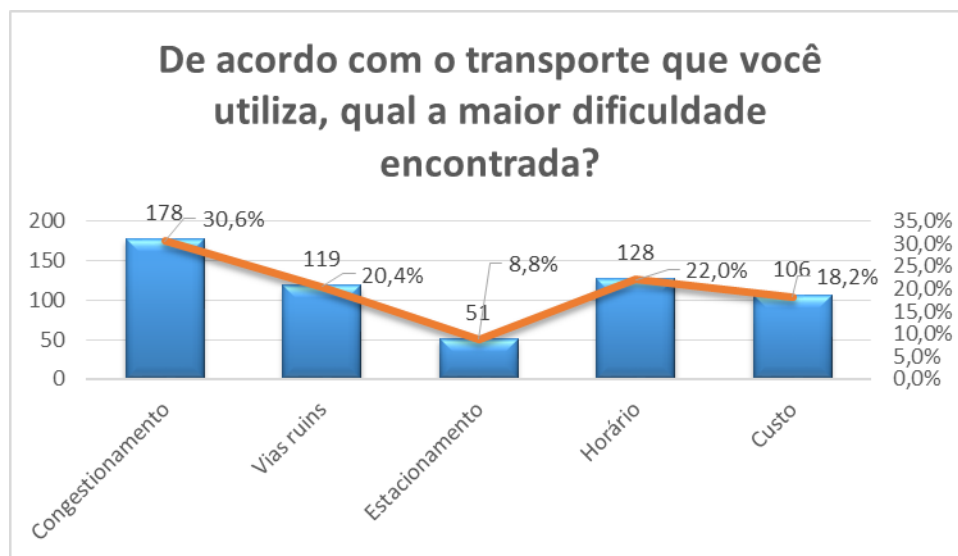


Figura 1. Relação distância entre a moradia até o UNIFAVIP.

Observa-se que existe uma insatisfação quanto ao meio de transporte utilizado, onde 53,9% dos alunos gostariam de mudar o seu meio de transporte, ou por não estarem suprindo as necessidades, ou por não serem pontuais. Para os que usam transporte público, 83% se interessam no aumento da frota, possivelmente para melhorar o conforto e diminuir os atrasos.

Quanto ao custo diário com o transporte, o valor médio gasto pelos estudantes é de 5 reais por dia, ou uma média de 110 reais mensais, considerando 22 dias úteis. O mesmo grupo amostral classificou como bom ou regular a acessibilidade do transporte em caruaru, onde as maiores dificuldades foram classificadas conforme a Figura 2.

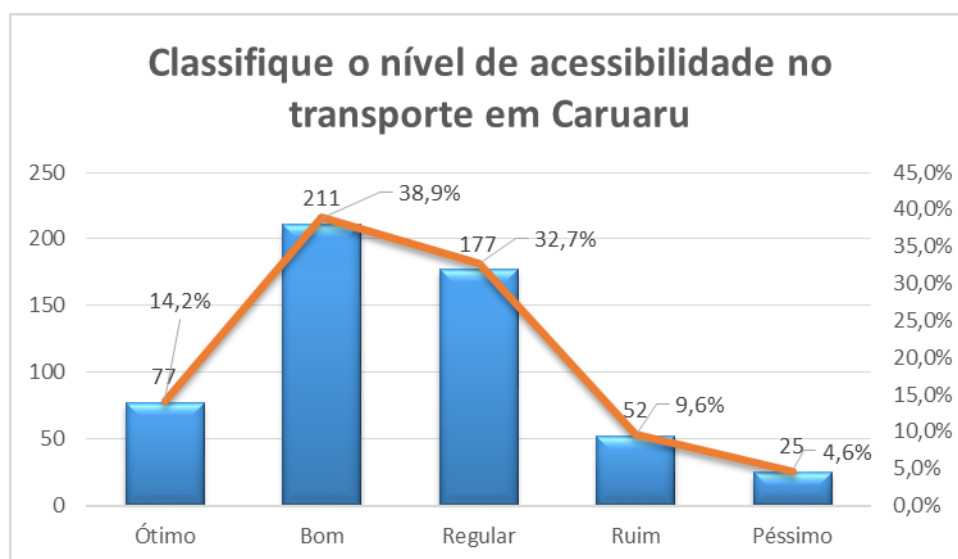


Figura 2. Maior dificuldade encontrada nos transportes.

Quando questionadas sobre o que melhoraria o rendimento acadêmico, foram criadas classes para as quais obteve-se o percentual descrito na Figura 3 abaixo.

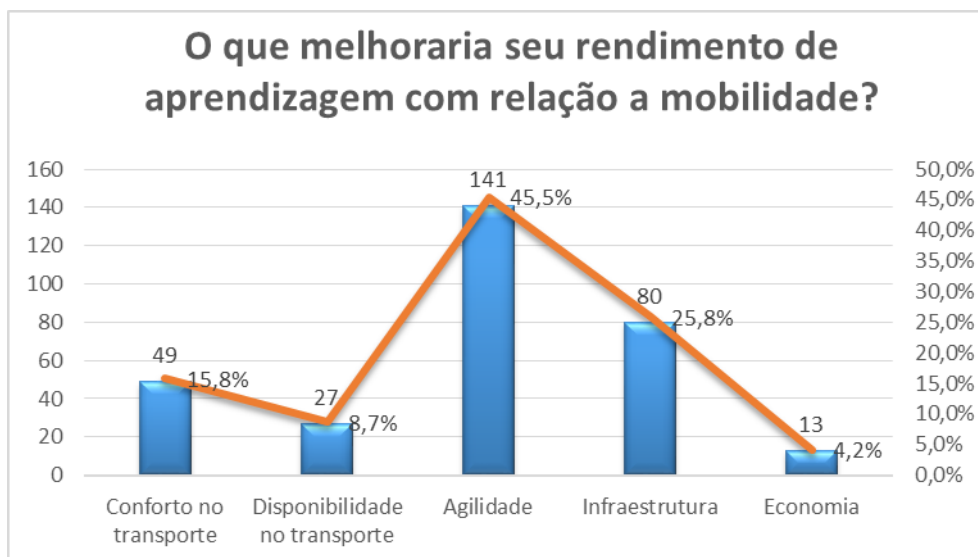


Figura 3. Aprendizagem x Mobilidade.

Infraestrutura viária e condições de trajetos

Os principais problemas encontrados foram congestionamentos constantes, vias ruins e ausência de ciclo faixas. Foi percebido que o congestionamento para a entrada de veículos até a instituição de ensino é menor que o congestionamento gerado na saída (Figuras 4 e 5).

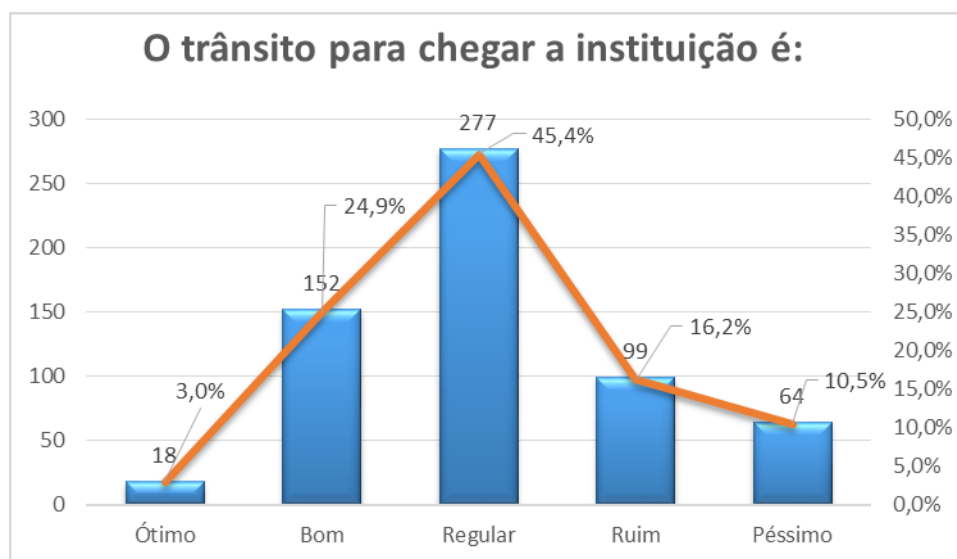


Figura 4. Demonstração do trânsito para chegar a instituição.

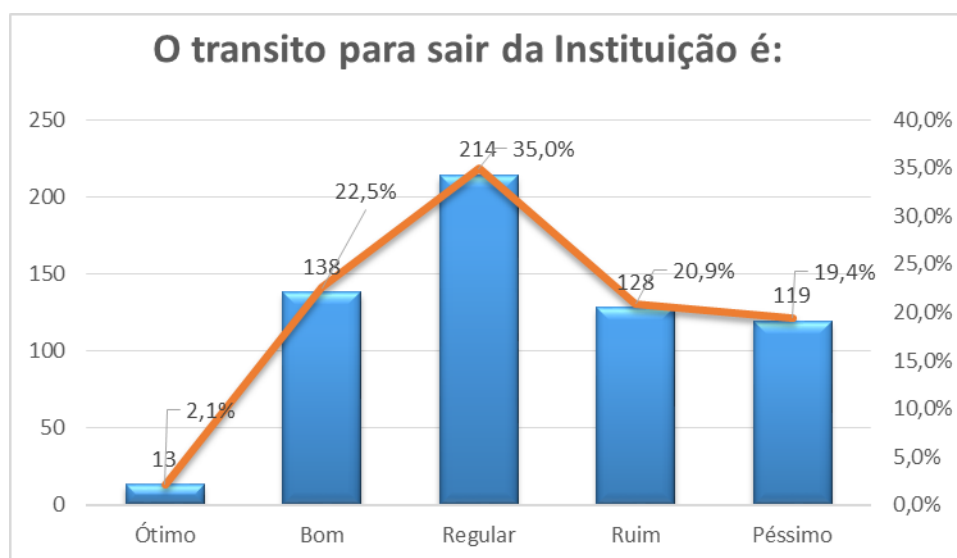


Figura 5. Trânsito para sair da instituição.

Existe uma grande possibilidade desse fato ocorrer por causa do intervalo de tempo criado pela falta de planejamento do transporte escolhido, ou seja, as aulas começam às 19h, sendo que alguns transportes chegam mais cedo e outros mais tarde, gerando um intervalo de tempo maior que o intervalo de tempo gerado na saída onde o horário máximo para a saída é às 22h, coincidindo com o horário de fechamento do shopping.

Escolha dos meios de transporte, qualidade das vias e meios de transportes

A escolha dos meios de transporte que os estudantes do UNIFAVIP estão baseados em algumas condições. Tendo em vista que 44,7% dos entrevistados usam o transporte público, analisou-se que a maioria dos entrevistados não estão satisfeitos com o uso do transporte público sabendo que 52,9% gostaria de mudar seu meio de transporte. Conforme observa-se na Figura 6.

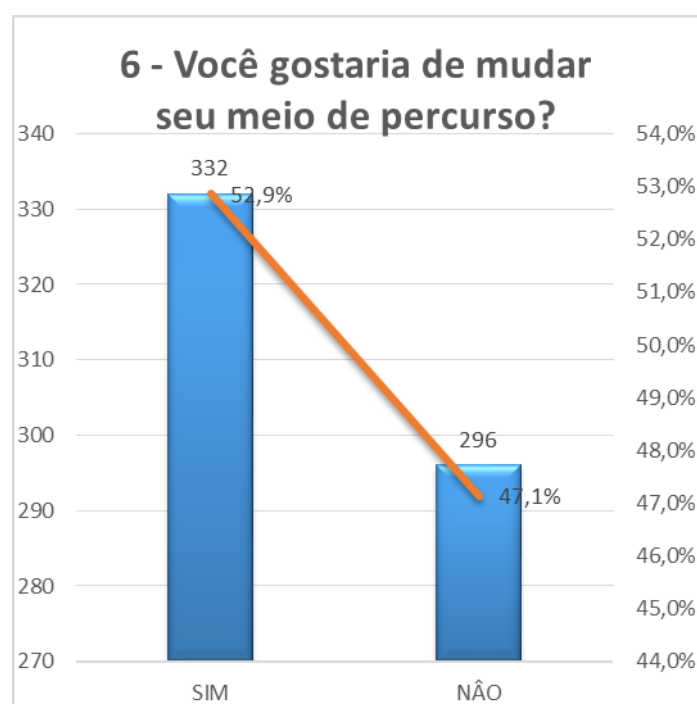


Figura 6. Demonstração se deseja mudar o meio de transporte.

Os possíveis motivos para a insatisfação do transporte público estão relacionados ao custo e ao meio ambiente (Figura 7), como a maioria afirma que seu meio de transporte não colabora com meio ambiente.

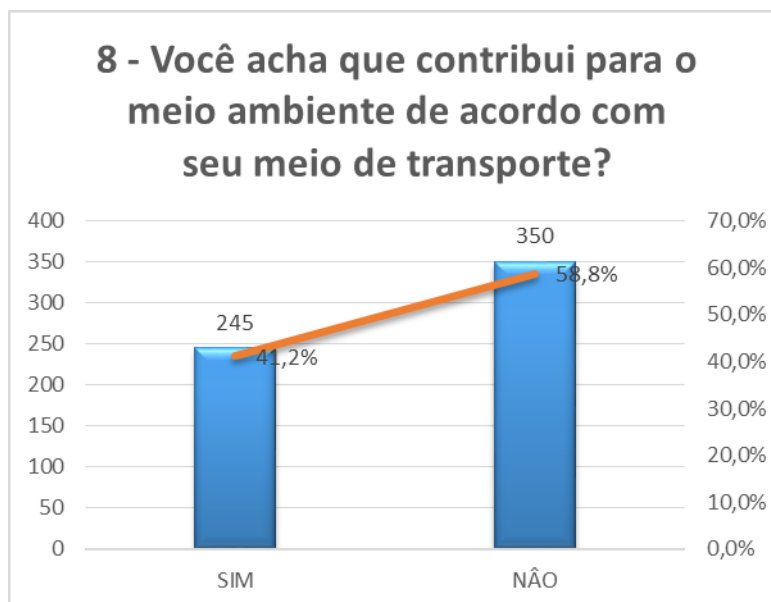


Figura 7. Contribuição para o meio ambiente e transporte.

Mas por outro lado 59% não utilizaria bicicleta que seria um meio de transporte sustentável. A maioria afirma que ocorrem atrasos nos ônibus, e que esses atrasos ocorrem com frequência, influenciando na insatisfação ao meio de transporte público. A grande maioria dos entrevistados afirmaram que uma boa solução para melhoria do transporte público seria aumentar a frota. Como demonstra o gráfico da Figura 8.

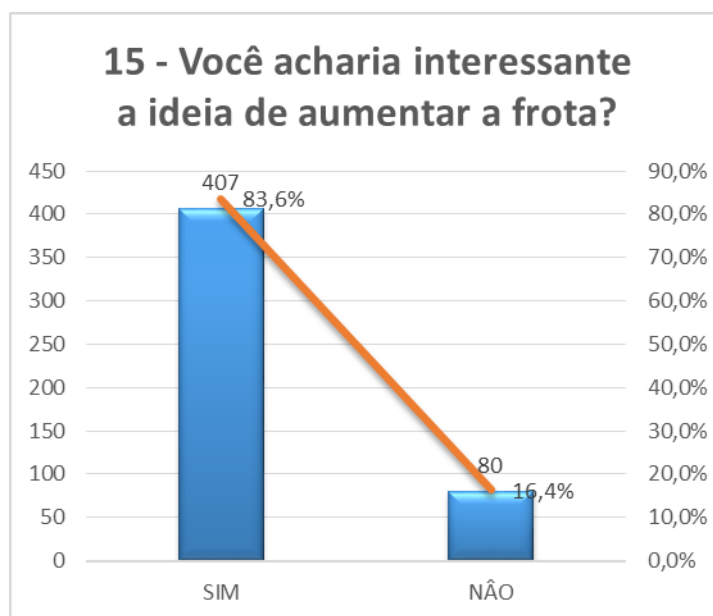


Figura 8. Satisfação dos usuários em aumento de frota.

A qualidade das vias e dos meios de transportes utilizados, apresentam alguns problemas dentre os componentes elencados como vias ruins, estacionamento, horário, custo o elemento congestionamento é o mais relevante para os entrevistados como demonstra a Figura 9.

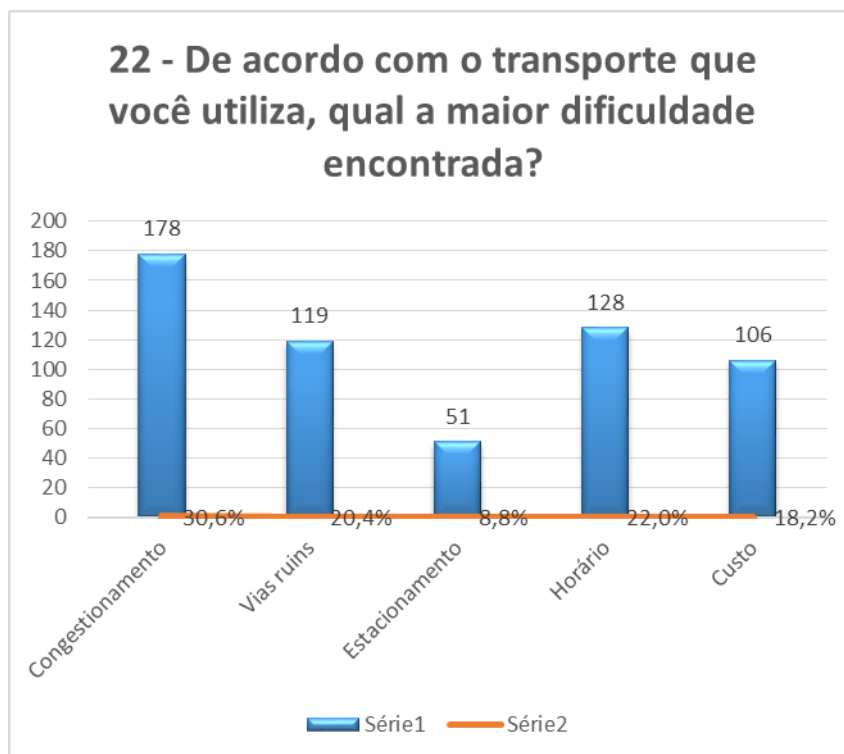


Figura 9. Gráfico elencando os elementos mais relevantes a dificuldade de transportes.

A infraestrutura das vias apresenta comprometimento considerável segundo a maioria dos entrevistados, os mesmos afirmam que em relação a segurança das vias 76,8% afirmam nunca terem sido assaltados e consideram a segurança do trajeto para a IES regular. É preciso melhorar a qualidade das vias, e minimizar o trânsito, tendo em vista que 45,5% considera que agilidade melhoraria em seu desempenho escolar. Consonante com a pesquisa desenvolvida por Alcântara et al. (2015) pela Universidade Federal de Goiás - Campus Samambaia Goiânia - GO em que expressam resultados direcionada ao trânsito. Os entrevistados afirmam enfrentar problemas como por exemplo superlotação de ônibus, atrasos, demora, linhas de ônibus escassas, preço alto da passagem, buracos pelo trajeto e engarrafamentos. Igualmente aos resultados encontrados na pesquisa desenvolvida no UNIFAVIP.

Segurança do trajeto do aluno até a faculdade

Quando se trata do nível de segurança, nas entrevistas realizadas observou-se um grande índice entre regular, ruim e péssimo conforme a Figura 10 apresenta e demonstra um índice total de 82,90% de insatisfação entre os entrevistados. Quando questionados aos que fazem uso de bicicleta, se sentem inseguros no seu trajeto, apresentando um índice de 93,41% alegando que não se sentem seguros.

Quando questionados se já sofreram algum tipo de assalto e se foi recorrente, obteve-se 27,60% afirmando que já sofreram algum tipo de assalto e 20,28% assaltados mais de uma vez.

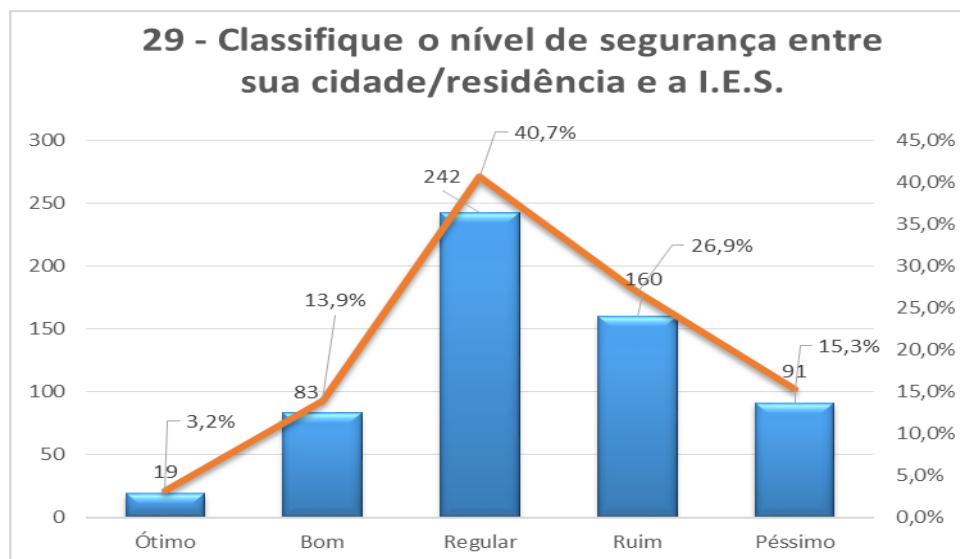


Figura 10. Análise do nível de segurança.

Influência do trajeto do aluno para faculdade sobre o seu rendimento acadêmico

Para este tópico é relevante relacionar os dados de tempo, distância, quem usa ônibus, atraso e frequência, desgastes físicos e mentais para o aluno realizar suas atividades acadêmicas. Quando se analisou o fator tempo cerca de 52,32% dos alunos entrevistados levam 30 minutos para chegar a instituição de ensino, enquanto os demais levam 1 hora, cerca de 27,68%, e 1 hora e 30 minutos, 15,84% dos entrevistados. Quando a distância do trajeto percorrido se apresentou um grande índice nas distâncias de 5 a 10km, cerca de 29,76% dos entrevistados e em segundo lugar 21,12% dos entrevistados para distância de 60 a 80km, mostrando uma grande massa são de cidades circunvizinhas da instituição de ensino (Figura 11). Para os que usam o transporte coletivo para realizar o seu trajeto até a faculdade, 52% dos entrevistados afirmam que os horários dos ônibus não são e a frequência de atrasos são constantes (Figura 12).

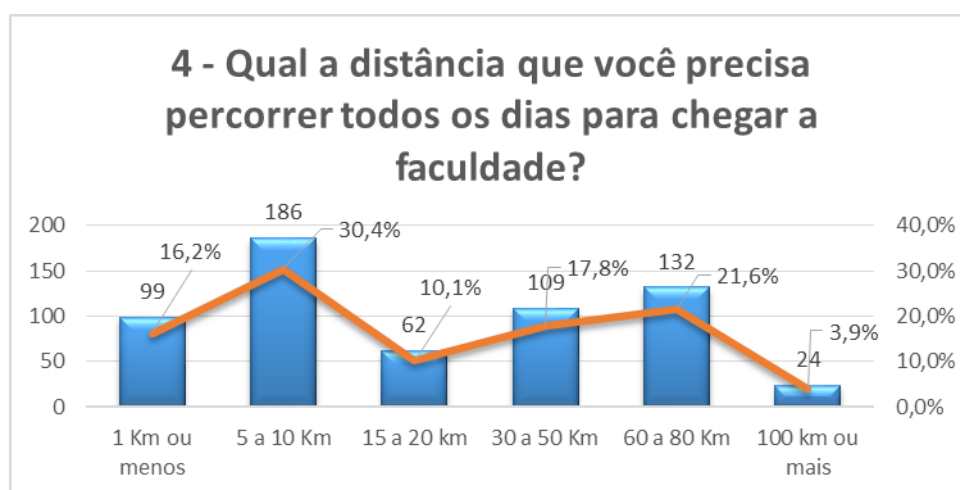


Figura 11. Distância percorrida pelos entrevistados até a IES.



Figura 12. Pontualidade dos ônibus.

Quanto ao estado físico e mental para realizar atividades acadêmicas, nota-se um grande índice entre bom e regular, onde bom tem um peso de 37,56% e regular tem 41,14% como demonstra a Figura 13.

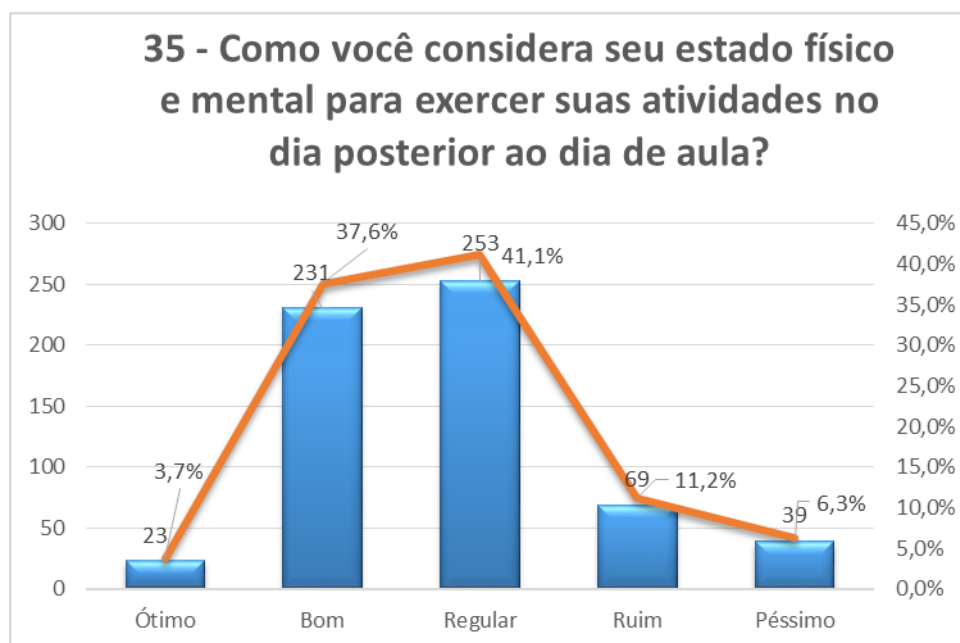


Figura 13. Estado físico e mental para atividades acadêmicas.

Com base nos dados analisados e relacionando-se os quesitos que levam aos desgastes físicos e mentais, entende-se que os estudantes estão com um nível regular de aptidão para exercer suas atividades acadêmicas por conta da influência do trajeto até a instituição de ensino. Corroborando com a afirmação de Vianna (2013) que é possível deduzir o quão impactante é na vida da população o meio de transporte, o mesmo ainda ressalta por exemplo que uma cidade com um bom sistema de transporte, ou seja, um meio integrado otimiza seus serviços públicos, podendo minimizar a quantidade por exemplo de hospitais, já que o sistema estará interligado.

Conclusão

A caracterização da mobilidade urbana sob a ótica dos alunos UNIFAVIP, aponta que Caruaru acompanha o ritmo do crescimento nacional se consolidando como principal aglomeração urbana do interior de Pernambuco. Não diferente das demais regiões, o processo de reestruturação da cidade advém do acelerado crescimento de sua economia, destacando-se como principal polo regional em diversas áreas. Esse crescimento vem ocorrendo de maneira desordenada, confirmando o que os estudos apontam acerca dos efeitos negativos sobre o transporte urbano recorrentes desse processo.

A migração de estudantes das cidades circunvizinhas para frequentar as instituições de nível superior de Caruaru, muitos desses optam por residir no município buscando reduzir os transtornos do percurso entre a cidade de origem e a instituição, mas a maioria prefere manter o trajeto, como apontam os dados levantados na pesquisa, porém todos consideram que estão expostas as disfunções que acarretam em desconfortos, desperdício de tempo, entre outros no deslocamento diário.

Já quanto ao perfil de deslocamento dos alunos os estudantes de outros municípios que optam por residir em Caruaru se somam aos naturais do município influenciando diretamente no aumento da demanda de transporte local. Mais da metade desses estudantes se deslocam até a instituição de ensino em transportes privados, por considerarem mais seguros, confortáveis e garantirem percurso em menor tempo. Os demais por não terem outra opção se deslocam em transportes públicos, porém insatisfeitos com a qualidade oferecida aos usuários e inconvenientes que influenciam no rendimento educacional e tempo para realização de outras atividades.

Os dados levantados mostram que as reclamações dos usuários que residem na cidade giram em torno da falta de segurança, congestionamentos; atrasos no transporte coletivo/ público, custo das passagens, condições das vias de um modo geral, poluição, entre outros. Os que residem em outros municípios compartilham das mesmas reclamações, acrescentadas aos riscos do percurso e ao desgaste físico. Os usuários de meios de transporte ecologicamente corretos, como a bicicleta, enfatizam a falta de segurança das vias e a ausência de ciclo-faixas como principais inibidores do uso desse meio de transporte.

Os entrevistados corroboram com as principais literaturas quanto às práticas que viabilizam uma eficiente mobilidade urbana. Sendo elas: o aumento do transporte coletivo/ público e seu conforto, a compatibilização dos custos às condições dos transportes, o aumento da segurança, a adoção de medidas que viabilizem a fluidez do trânsito, o incentivo a utilização de meios e transportes ecologicamente corretos associados à implantação de ciclo-faixas e faixas exclusivas, a adequação das vias, entre outros fatores que melhorem as condições de deslocamento tanto dos estudantes às instituições de ensino, quanto das demais pessoas aos seus destinos.

Apesar de ter sido feita em meio acadêmico, a pesquisa revelou que os problemas que afligem os estudantes afetam, também, a sociedade caruaruense e adjacente, que utiliza os serviços do município como um todo. A melhor maneira de sanar tais problemas seria atualizando e compatibilizando o plano diretor do município através de discussões e parcerias entre o poder público, iniciativa privada e sociedade buscando, juntos, soluções para os entraves que impedem a efetivação do plano de mobilidade urbana da cidade.

Referências

- ALCÂNTARA, M. N. P. A.; GONZAGA, S. S. A.; KNEIB C. E. Deslocamentos e mobilidade urbana no Campus Samambaia Goiânia – GO. Revista UFG, v.15, n.17, 2015.
- CASTRO, A. A.; CABRAL NETO, A. O ensino superior: a mobilidade estudantil como estratégia de internacionalização na América Latina. Revista Lusófona de Educação, v.21, p.69-96, 2012.
- BRASIL. Lei Nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana; revoga dispositivos dos Decretos-Leis nos 3.326, de 3 de junho de 1941, e 5.405, de 13 de abril de 1943, da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), aprovada pelo Decreto-Lei no 5.452, de 1º de maio de 1943, e das Leis nos 5.917, de 10 de setembro de 1973, e 6.261, de 14 de novembro de 1975; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF. 3 jan. 2012.
- BRASIL. Ministério das Cidades. País reforça investimentos em mobilidade urbana. 2013. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2013/09/pais-reforca-investimentos-em-mobilidade-urbana>>. Acesso em: 25 de nov. 2016.
- IBAM. Instituto Brasileiro de Administração Municipal. Mobilidade e política urbana: subsídios para uma gestão integrada. 52f. Ministério das Cidades. Rio de Janeiro, 2005.
- IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. O Brasil em 4 Décadas: Desenvolvimento Regional, Questões Urbanas e Acesso à Moradia no Brasil. 104 f. 1500. ed. Rio de Janeiro: Livraria do Ipea, 2010.
- PASQUALETTO, A.; SOUZA, F. Tópicos de Mobilidade Urbana. Estudos PUC Goiás, Goiânia, v.40, n.3, p.311-320, 2013.
- VIANNA, G. S. I. B. Mobilidade urbana no Brasil: uma estimativa do produto perdido em trânsito. 134f. Monografia (Bacharelado em Economia). Instituto de Economia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2013.

ESTUDO DE RECALQUES E SUAS INTERAÇÕES EM UMA CÉLULA EXPERIMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

¹Larissa Santana Batista

²Dameres de Sá Ramalho Neta

³Wily Santos Machado

⁴Nayla Kelly Antunes de Oliveira

⁵Giovanna Feitosa de Lima

¹Professora do Curso de Engenharia Civil, UFCG/CCTA/UACTA Campus Pombal, larisantanabatista@gmail.com

^{2,3,4,5}Acadêmicos em Engenharia Civil, UFCG/CCTA/UACTA Campus Pombal, damaresramalhon@gmail.com; wilysantos1997.ws@gmail.com; nayla-oliveira@hotmail.com

⁶Mestre em Engenharia Civil e Ambiental, UFCG, giovannafeitosa@gmail.com

Introdução

De acordo com Batista (2012), o crescimento da população e o desenvolvimento industrial dos grandes centros urbanos tem como consequência o aumento da geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), ocasionando problemas ambientais. Um dos métodos mais adequados para a disposição dos resíduos sólidos são os aterros sanitários, pois dispõe de técnicas de impermeabilização do solo e cobertura dos resíduos, diminuindo os impactos ambientais, além de reduzirem a poluição e a proliferação de insetos, e sobretudo proporcionam a otimização dos espaços, recebendo e decompondo maior volume de resíduos.

Os aterros sanitários não podem ser vistos como simples local de armazenamento, pois se torna indispensável à otimização de projetos e a aplicação de metodologias operacionais capazes de assegurar, de modo estável, a evolução dos processos de degradação e estabilidade geotécnica do aterro. Assim, entende-se como aterro o local onde os resíduos são depositados de forma controlada no solo. Uma vez depositados, os resíduos degradam naturalmente por via biológica até a mineralização da matéria biodegradável, em condições fundamentalmente anaeróbias (CAMPOS, 2010).

Segundo Monteiro (2003), a grande heterogeneidade do principal material usado no aterro representa dificuldades adicionais no tocante ao estudo do comportamento desses aterros como: produção de lixiviado e biogás (poro-pressões de líquidos e gases); físico-química e microbiologia dos resíduos e do lixiviado (potencial contaminante); elevada compressibilidade dos resíduos depositados; baixa capacidade de carga; baixa estabilidade, etc. De uma forma geral os aterros de RSU tem um desempenho favorável a degradação da matéria orgânica e, conseqüentemente, a redução de volume dos resíduos, ocasionando recalques, que podem ser quantificados através da instrumentação geotécnica.

Desta forma, a realização de ensaios “in situ” e a monitoração dos aterros sanitários apresentam-se como formas de se determinar e entender os diversos parâmetros e comportamentos dos RSU, como forma de ter suas propriedades bem definidas para que estas estruturas sejam construídas sobre critérios de segurança aceitáveis (BATISTA, 2012).

Os recalques são de fundamental importância no funcionamento de aterros de RSU e de acordo com Melo (2003), os recalques que ocorrem na massa de lixo, constituem um aspecto de especial importância prática, e têm sido citados como um dos principais problemas operativos. Esses recalques não só repercutem nos aspectos estruturais da obra, mas também no que diz respeito ao aproveitamento do volume. Além do mais, podem gerar instabilidade na massa de lixo e/ou deslizamentos de taludes. Os mecanismos de recalques permitem a redução do volume ao longo do tempo da massa de resíduos. Essa diminuição no volume é devida, principalmente, ao próprio peso dos resíduos e biodegradação da matéria orgânica com expulsão de gases e líquidos dos vazios formados (MONTEIRO et al., 2003). Segundo Wall e Zeiss (1996), os RSU são compostos, em sua grande maioria, de material facilmente biodegradável. A degradação deste material provoca recalques, resultando numa contínua deformação do aterro sanitário. Segundo o autor, os recalques em aterro de RSU variam de 25 a 50% em relação à sua altura inicial.

A importância de se prever recalques e sua velocidade em aterros sanitários pode-se resumir em: determinar com maior precisão a capacidade volumétrica do aterro, prever recalques diferenciais que

podem provocar rupturas nos sistemas de cobertura e prever o momento nos quais estes deslocamentos cessarão. Isto facilita a estimativa da vida útil do aterro com maior precisão, estimativa do momento adequado de realizar as obras de cobertura com menor riscos de falha devido a recalques diferenciais, e condicionar o uso futuro do local (PEREIRA et al., 2015).

De acordo com Oliveira (2002), a magnitude e velocidade dos recalques está associada aos seguintes fatores: Densidade ou índice de vazios inicial; Porcentagem de materiais degradáveis; Altura do aterro; Trajetória de tensões; Nível e flutuação de chorume; Parâmetros físicos (umidade, temperatura, presença de gases, etc.)

Segundo Leite (2008), os diversos mecanismos atuam de forma contínua e paralela ao longo do tempo, e resultam em diminuição do volume e redução da carga tóxica dos aterros. De uma maneira geral, os RSU apresentam grandes recalques iniciais, associados à aplicação de sobrecargas, seguidos de um processo de deformação lenta, resultante do comportamento viscoso do resíduo e da perda de massa devida aos processos de decomposição. Desta forma, o entendimento dos processos de biodegradação torna-se importante na avaliação da evolução dos recalques em aterros de disposição de RSU.

Esta pesquisa consiste em avaliar o desempenho da célula experimental (lísímetro), localizada na cidade de Campina Grande-PB, tendo em vista a biodegradação dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) da referida cidade. A partir o estudo dos recalques e suas interações, determinando suas velocidades ao longo do tempo e profundidade.

Materiais e Métodos

O município de Campina Grande-PB, localizado na mesorregião do Agreste da Borborema de coordenadas geográficas com a latitude de 07°13' Sul, longitude de 35°53'Oeste e com uma altitude de 547,6 metros acima do nível mar, estando inserida no regime de precipitação do setor Leste do Estado, que tem como ocorrência de chuvas de pré-estação o mês de março e a caracterização do período chuvoso no mês de abril, tendo como trimestre mais chuvoso os meses de maio, junho e julho (MEDEIROS et al., 2014).

Para este estudo, a metodologia seguiu as seguintes etapas

1. Construção da célula experimental
2. Instalação da instrumentação
3. Preenchimento da célula com RSU
4. Monitoramento e análise dos resultados

A célula experimental foi construída em tijolo maciço, em seção transversal circular, com diâmetro de 2,00m e altura de 3,00m, com volume aproximado de 9m³. Em seguida foi executada uma camada de base de aproximadamente 20 cm e instalada a instrumentação geotécnica além de aberturas de orifícios laterais em três alturas distintas que auxiliaram na coleta dos resíduos para análises laboratoriais e obtenção de parâmetros físico-químicos e microbiológicos (Figura 1).



Figura 1. Foto da célula experimental.

Em seguida foi confeccionada e instalada a instrumentação geotécnica, que consta de:

- **Termopares:** Para o monitoramento das temperaturas no interior da célula que foram conectados quatro termopares e instalados a cada 0,5m de profundidade. Com o auxílio de um termômetro digital que foi conectado ao termopar, e realizado as leituras.
- **Medidor de Nível de água:** Para o monitoramento da presença de líquidos foi instalado um piezômetro, que consiste em um tubo de PVC de 25 mm perfurado até a metade, envolvido por uma tela de nylon para evitar a obstrução dos furos.
- **Placas de Recalques:** Para análise dos deslocamentos foram instaladas placas de recalques, superficiais e em profundidade, essas permitem a leitura do afastamento vertical segundo o próprio deslocamento positivo das placas. As placas superficiais consistem em duas placas metálicas com 20cm de diâmetro, revestidas com uma película anticorrosiva e no centro uma haste de aproximadamente 60cm. As placas em profundidades consistem em seis placas metálicas com 20 cm de diâmetro, revestidas com uma película anticorrosiva (para evitar a oxidação e contaminação dos resíduos) e uma abertura central de aproximadamente 5cm com um imã, permitindo a passagem do tubo de um tubo de PVC de 20mm de diâmetro para evitar o atrito lateral e permitir a passagem do sensor, no monitoramento.
- **Drenagem de gases:** O sistema de drenagem de gases consiste de um tubo de PVC perfurado de 40 mm de diâmetro, envolvido por uma tela de nylon para evitar a obstrução dos furos, isolado ao final com um tampão para evitar que o gás escape para o meio externo.

Na Figura 2 podemos observar a instrumentação instalada na célula experimental.



Figura 2. Disposição da instrumentação geotécnica na célula experimental.

Na Figura 3 podemos observar o desenho esquemático da célula experimental.

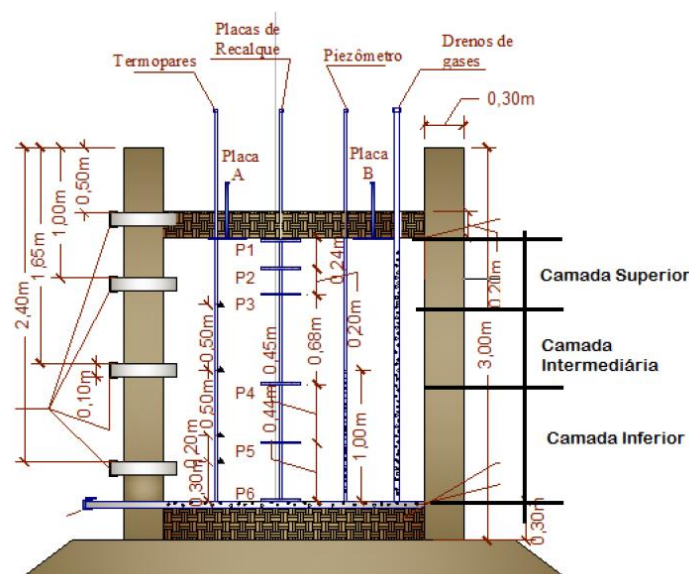


Figura 3. Croqui da célula experimental.

Para a caracterização dos resíduos e preenchimento da célula, os resíduos foram coletados e após o descarregamento do material, fez-se a homogeneização e foram coletadas amostras para a caracterização físico-química e microbiológicas, conforme recomendações da NBR 10.007/04. A composição gravimétrica foi realizada segundo Lipor (2000) adaptado por Leite (2008) e Pereira et al. (2015). A composição volumétrica foi realizada segundo Catapreta e Simões (2008) e Mariano et al. (2007) (Figura 4).



Figura 4. Caracterização dos resíduos.

Conforme a Figura 5, no preenchimento da célula os resíduos não foram picotados, nem alterados as características iniciais do material. Ao serem colocados na célula, os materiais eram distribuídos e compactados com um soquete manual em camadas de aproximadamente 10 cm, sempre mantendo a instrumentação da maneira correta. Estes processos foram repetidos até a quantidade de resíduos atingirem uma cota de 2,70m. Ao longo dos preenchimentos, foram colocadas as placas de recalques em profundidades, em alturas pré-estabelecidas. Ao término do preenchimento da célula, colocaram-se as placas de recalques superficiais e a camada de cobertura, conforme já mostrado anteriormente no desenho esquemático da célula experimental e iniciou-se o monitoramento da célula experimental.



Figura 5. Preenchimento da célula experimental com o RSU.

Concluída a parte inicial do trabalho que consiste na construção, instrumentação e preenchimento do lisímetro, iniciou-se a fase de monitoramento com o objetivo de analisar os aspectos mecânicos, geotécnicos e a evolução do processo degradativo da matéria orgânica ao longo do tempo e profundidade. O período de monitoramento foi de outubro de 2009 a outubro de 2011, totalizando 2 anos. Os dados foram obtidos através da instrumentação instalada e da coleta de amostras sólidas para análise de parâmetros mecânicos, físico-químicos e microbiológicos. Para obtenção dos dados, o monitoramento se deu através de do controle das condições climáticas da cidade, medições “in situ” e da coleta de resíduos para análises em laboratório.

Resultados e Discussão

Na caracterização física dos resíduos, de acordo com a Figura 6, os resultados encontrados na composição gravimétrica, percebe-se que a maior parte dos resíduos coletados é matéria orgânica putrescível, representando 66%, e os plásticos representam 11% do peso total. Este alto teor de matéria orgânica é considerado favorável, pois apresenta uma degradabilidade mais eficiente, ocorrendo maiores recalques e consequente maior redução de volume dos resíduos, de forma que aumenta a capacidade de resíduos aterrados.

Segundo Pereira et al. (2015), percentuais maiores de matéria orgânica podem indicar um menor desenvolvimento econômico da região, pois cidades mais desenvolvidas têm percentuais menores de matéria orgânica. Cidades desenvolvidas são claramente caracterizadas pelo consumo exacerbado de produtos industrializados, de forma que o percentual da matéria orgânica destas regiões diminui consideravelmente, sendo substituídos por materiais como enlatados, vidros e embalagens plásticas.

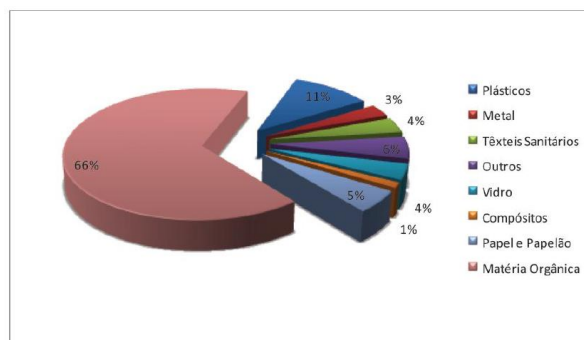


Figura 6. Composição gravimétrica.

Esta composição de matéria orgânica elevada favorece o desenvolvimento de microrganismos, acelerando a biodegradação dos resíduos sólidos (OLIVEIRA, 1999). De acordo com Melo (2011), esse alto teor de matéria orgânica nos resíduos depositados pode indicar elevado percentual de deformação de massa de resíduos resultando em grandes recalques.

Devido ao alto teor de matéria orgânica, a biodegradação no interior do aterro ocorre mais rapidamente, produzindo maior geração de biogás e lixiviado. Desta forma, quanto maior a porcentagem de matéria orgânica, maior a ocorrência dos recalques.

Pode-se observar através da Figura 6, que os plásticos representam 11% do peso total dos resíduos. No entanto, a presença do volume de plásticos foi elevada, contudo, devido as suas baixas massas específicas eles não têm maior representatividade na composição gravimétrica. Segundo Melo (2011), este baixo percentual de plásticos em relação ao teor de matéria orgânica, em termos de composição gravimétrica, reflete suas baixas massas específicas que contribuem para um menor valor em seu peso.

A composição volumétrica dos resíduos reflete o percentual de volume de todos os resíduos depositado no lisímetro. Através da Figura 7, pode-se observar que os resíduos de maior representatividade na composição volumétrica dos resíduos soltos, foram a matéria orgânica com 38% e em seguida os plásticos, com 29% do volume total dos resíduos depositados. Desta maneira, pode-se perceber que o volume de plástico foi elevado se comparado com a composição gravimétrica, pois se trata de um material de leve massa molecular, mas que apresenta volumes excessivos.

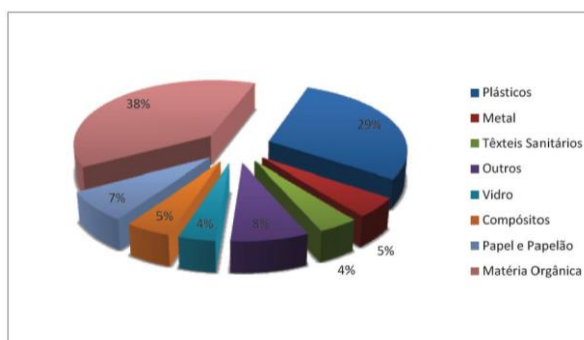


Figura 7. Composição volumétrica dos resíduos soltos.

O excesso da quantidade dos plásticos presente no lisímetro, pode refletir nos recalques, uma vez que, ao criar camadas impermeáveis, os resíduos não recalcam como deveriam. Além de que, os plásticos podem formar bolsões de lixiviado e gases, retardando a ocorrência dos recalques.

Os demais resíduos depositados no interior do lisímetro tais como, papel/papelão, compósitos, vidros, metal, têxteis sanitários e outros, representam cerca de 40% em termos de composição volumétrica. Este valor pode ser considerado relativamente alto, uma vez que estes materiais são recicláveis, demonstrando a má gestão dos resíduos na presente cidade.

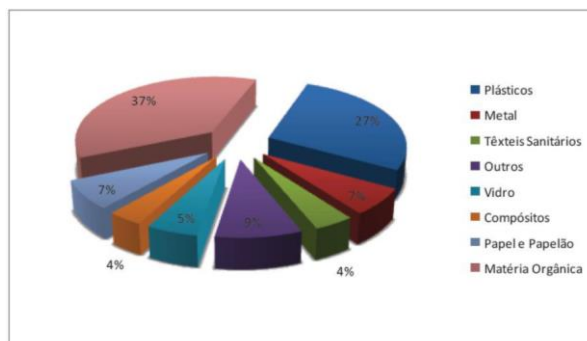


Figura 8. Composição volumétrica dos resíduos compactados.

Na análise dos recalques, de acordo com a Figura 9, durante o período de monitoramento, percebe-se que o recalque máximo foi observado na placa 1 (65cm), seguida da placa 2 (56cm). Vale salientar que as placas superficiais a e b e a placa em profundidade estavam no mesmo nível, ou seja, a 200 cm de altura da massa de resíduos, em seguida, a uma altura de 177cm de altura, encontra-se a placa 2. Os recalques foram maiores nas placas 1 e 2, o que é perfeitamente justificável, uma vez que as mesmas estão localizadas no centro do lisímetro, com maior concentração de massa de resíduos, não submetidos a ação de atrito dos resíduos com as paredes dos lisímetros, que é o que ocorrem com as placas superficiais, localizadas mais próximas dos bordos do lisímetro (efeito parede). Desta forma, as placas superficiais tiveram recalques de 52 e 49cm, respectivamente.

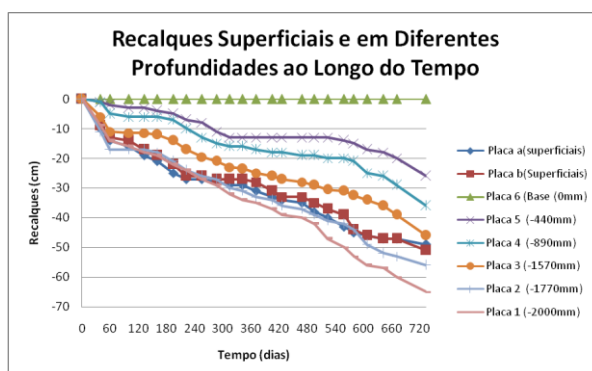


Figura 9. Evolução dos recalques superficiais e em profundidades ao longo do tempo.

De acordo com Melo et al. (2011), no centro do aterro há maior espessura de resíduos, ocorrendo maiores recalques, de forma que o comportamento mecânico dos aterros sanitários de RSU pode ser afetado se forem construídas célula com alturas muito elevadas, o que poderia ocasionar desmoronamento da massa de resíduos para o centro, comprometendo os taludes e a estabilidade do aterro.

Foram observados valores mais acentuados de recalques no início da pesquisa, até o 30º dia, provavelmente devido a fatores mecânico, principalmente ao peso próprio da massa de resíduo, além do peso da camada de cobertura e o preenchimento dos vazios a partir da expulsão dos líquidos e gases e fatores biodegradativos, em decorrência da degradação da matéria orgânica presente na massa de resíduo.

Em células em escala real, Mariano (1999), Melo (2003) e Monteiro (2003), verificaram que os recalques diminuem conforme a profundidade vai aumentando. Segundo Melo (2011), este fator ocorre porque os resíduos nas camadas profundas são mais influenciados pela compactação devido ao peso

próprio das camadas que estão acima e, a espessura da camada vai diminuindo pela própria posição da placa, além de que não se mede os recalques no momento que os resíduos estão sendo depositados. Desta forma, os recalques monitorados neste lisímetro tiveram um comportamento bastante típico de células em escala real.

Nas análises das deformações específicas, percebe-se deformações entre 10 e 30% da altura original do aterro que tem sido reportada na literatura, desta forma, um valor de 33% da placa 1 pode ser considerado alto, considerando a pouca idade da célula experimental (Figura 10). Porém, o decréscimo na magnitude dos recalques aponta para uma evolução cada vez mais lenta deste parâmetro. Esta alta deformação também pode estar relacionada ao teor da matéria orgânica (66%) depositada no interior da célula, conforme indicada na composição gravimétrica. Segundo Moreda (2000), a alta concentração de matéria orgânica permite recalques mais acentuados e mais rápidos. Outro fator que pode ter influenciado na deformação específica foi a quantidade de matéria coletada ao longo do monitoramento.



Figura 10. Deformação específica dos recalques superficiais e em profundidades ao longo do tempo.

Embora haja 66% de matéria orgânica depositada na célula experimental, a placa 1 apresentou apenas 33% de deformação, pois nem toda matéria orgânica é degradável ou facilmente degradável.

De acordo com a Figura 11, percebe-se que a velocidade dos recalques foi significativa nos primeiros 30 dias de monitoramento, conforme esperado. Com o passar dos dias, por volta dos 90 dias de monitoramento, a velocidade diminuiu, pois, a intensidade também diminuiu.

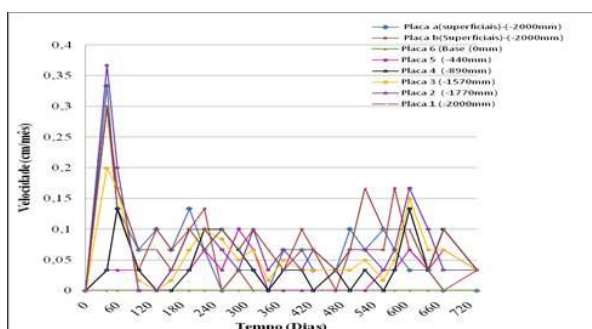


Figura 11. Velocidade dos recalques superficiais e em profundidades ao longo do tempo.

A velocidade por placa foi de até 10 vezes maior em algumas placas nos primeiros trinta dias se comparado com os demais dias em que foram monitoradas as deformações verticais. As placas 4 e 5 tiveram as menores velocidade de recalques com o tempo se relacionado com as demais placas. No caso da placa 5 esta apresentou velocidade de recalques igual a zero após 330 dias de monitoramento, indicando que, ou a matéria orgânica está inacessível aos microrganismos bacterianos para a sua degradação pela compactação excessiva, ou há acúmulos de líquidos nesta profundidade, o que dificulta os recalques (MELO, 2011).

Conclusão

Os resultados obtidos nas análises dos recalques superficiais e em profundidades mostraram uma relação direta entre aspectos mecânicos e biodegradativos.

A magnitude e velocidade dos recalques são mais acentuados nos primeiros trinta dias de confinamento dos resíduos devido, principalmente, à aspectos mecânicos.

O teor de matéria orgânica putrescível foi quantificado como a maior parcela dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Campina Grande-PB, representando 66% da quantidade total de resíduos gerados.

Os resultados de recalques sugerem que durante o monitoramento da célula experimental a degradação dos resíduos foi bastante rápida se comparado a aterros em escala real, uma vez a deformação específica na placa 1 foi da ordem de 33%.

Referências Bibliográficas

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10007. Resíduos Sólidos – Amostragem de Resíduos. 2004.
- BATISTA, L. S. Estudo de parâmetros geotécnicos e suas interações em uma célula experimental de resíduos sólidos urbanos. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Campina Grande, 2012.
- CAM/POS, V. R.; CAZARINI, E. W. Estudo dos critérios de decisão para localização de aterros sanitários para auxiliar na avaliação de impactos ambientais. 2º Seminário da Região Nordeste sobre Resíduos Sólidos. 2010
- CATAPRETA, C. A. A.; SIMÕES, G. F. Avaliação temporal das características dos resíduos sólidos urbanos em Belo Horizonte, Brasil. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental – AIDIS, 31, 2008.
- CETESB. Resíduos sólidos urbanos e limpeza pública. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 1990.
- MEDEIROS, R. M. de; FRANCISCO, P. R. M.; BORGES, C. K.; FILHO, M. F. G. Caracterização e classificação climática da cidade de Campina Grande-PB. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, CONTECC, 1, Teresina. Anais...Teresina, 2014.
- LEITE, H. E. A. S. “Estudo do comportamento de aterros de RSU em um bioreator em escala experimental na cidade de Campina Grande – Paraíba”. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Campina Grande, 2008.
- LIPOR. Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto. Caderno Técnico, 2000.
- MARIANO, M. O. H.; MACIEL, F. J.; FUCALE, S. P.; JUCÁ, J. F. T.; BRITO, A. R. de. Composição gravimétrica e volumétrica dos RSU da célula piloto do aterro de resíduos sólidos da Muribeca. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007.
- MELO, M. C. Influência da Matéria Orgânica nos Recalques de Resíduos Sólidos Urbanos Aterrados. 148p. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais). Centro de Ciências e Tecnologia. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.
- MELO, M. C. Uma Análise de Recalques Associada a Biodegradação no Aterro de Resíduos Sólidos da Muribeca. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco. Recife, PE. 2003.
- MONTEIRO, V. E. D. Interações físicas, químicas e biológicas na análise do comportamento do aterro de resíduos sólidos da Muribeca. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Pernambuco. Recife, PE. 2003.
- MOREDA, I. L. El Asentamiento en un Relleno Sanitario y su Relación com la Biodegradación. In: Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 27, 2000, Porto Alegre. Anais...Porto Alegre-RS, 2000.
- OLIVEIRA, D. A. F. Estabilidade de taludes de maciços de resíduos sólidos urbanos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade de Brasília. Brasília – DF, 2002.
- PEREIRA, S. S. Reflexões sobre o processo de urbanização e a necessidade de gestão ambiental: O caso dos resíduos de serviço de saúde da cidade de Campina Grande, PB. Revista Reunir, v.2, n.1, p.87-103, 2015.

ESTUDO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DE TIJOLOS SOLO-CAL INCORPORADOS COM RESÍDUOS INDUSTRIAIS

¹Larissa Santana Batista

²Suêlen Silva Figueiredo

³Jonatas Kennedy Silva de Medeiros

⁴Palloma Karolayne Santos Oliveira

⁵Wily Santos Machado

⁶Damare de Sá Ramalho Neta

⁷Nayla Kelly Antunes de Oliveira

^{1,2}Professoras do Curso de Engenharia Civil, UFCG/CCTA/UACTA, Campus Pombal, larisantanabatista@gmail.com; suelen.figueiredo@ufcg.edu.br

^{3,4,5,6,7}Acadêmicos em Engenharia Civil, UFCG/CCTA/UACTA, Campus Pombal, jonataskennedy@hotmail.com; pkarolayne_@hotmail.com; wylsantos1997.ws@gmail.com

Introdução

O Brasil está inserido em um contexto de forte atividade de extração e beneficiamento de minerais, gerando muitos resíduos durante estes processos, principalmente no que se diz respeito às rochas ornamentais, cerâmica vermelha e caulim, os quais, em sua grande maioria, são depositados sem controle, ocasionando acidentes e graves impactos ambientais.

A produção mundial de rochas ornamentais passou de 1,5 milhão de t/ano, na década de 20 do século passado, para 130 milhões de toneladas em 2013, correspondentes a cerca de 48 milhões de metros cúbicos ou 1,42 bilhões de metros quadrados equivalentes às chapas com dois centímetros de espessura (SANTOS, 2016).

Estima-se que no ano de 2020 a produção mundial de rochas ornamentais ultrapasse 170 milhões de toneladas, correspondentes a quase dois bilhões de metros quadrados equivalentes por ano, devendo-se ainda ter um incremento de 30% no volume físico das atuais transações internacionais (CASTRO, 2015).

A medida que a produção de rochas ornamentais cresce, os resíduos gerados pelos processos de beneficiamento das mesmas também crescem consideravelmente. Sabe-se que cerca de 80% de todo o material extraído para a obtenção das rochas ornamentais é considerado como resíduo, ou seja, apenas 20% daquele material será transformado realmente em produto final para ser comercializado.

Vale ressaltar que, os resíduos de rochas ornamentais podem causar impactos sobre o meio ambiente (água, ar e solo) e diretamente ao ser humano como a silicose (MELLO, 2004).

Desta forma, a realização de ensaios “in situ” e a monitoração dos aterros sanitários apresentam-se como formas de se determinar e entender os diversos parâmetros e comportamentos dos RSU, como forma de ter suas propriedades bem definidas para que estas estruturas sejam construídas sobre critérios de segurança aceitáveis (BATISTA, 2012).

Segundo a Associação Nacional da Indústria Cerâmica (ANICER, 2018), a cerâmica vermelha representa cerca de 90% das alvenarias e coberturas construídas no Brasil, sendo seu setor cerca de 4,8% da indústria da construção civil, atingindo um faturamento anual de R\$ 18 bilhões.

Apesar de todos os avanços da indústria da cerâmica vermelha as perdas durante o processo produtivo ainda são os maiores obstáculos. Quando os defeitos ocorrem antes da queima, os produtos úmidos ou secos podem ser reprocessados. Já quando ocorrem defeitos em peças já queimadas, não tem nenhum aproveitamento em larga escala, sendo estes materiais descartados. Com isso, estima-se que as perdas nos produtos acabados se encontram na faixa de 3 a 5%, representando cerca de 1,3 milhões de toneladas ao ano de cacos cerâmicos (GARCIA et al., 2015). Vale salientar que este índice de perda do setor da cerâmica vermelha, depende da matéria prima utilizada, do nível de tecnologia empregado em cada região, da qualidade da mão de obra, entre outros, podendo chegar até 30%.

A extração e o beneficiamento do caulim produzem uma enorme quantidade de resíduos, estimada em torno de 80 a 90% do volume bruto explorado. Esses resíduos são, em geral, descartados indiscriminadamente em campo aberto, desprezando-se as exigências de utilização de aterros e

provocando uma série de danos ao meio ambiente e à saúde da população residente nas regiões circunvizinhas aos “depósitos” de resíduos. (SILVA et al., 2016)

Diante do volume significativo de resíduo gerado anualmente pelas indústrias, estabelecer uma destinação adequado para estes resíduos tem-se tornado um grande desafio, assim o incentivo a pesquisas nesta temática está aumentando, com o objetivo de estudar novas aplicações para diversos tipos de resíduos na fabricação de materiais de construção alternativos.

Os tijolos ecológicos ganham espaço nessa temática por não agredirem o ambiente em seu processo de fabricação, ao contrário dos tijolos convencionais largamente empregados nas construções. Além disso, ainda permitem a incorporação à sua matriz de resíduos, que podem melhorar suas propriedades (FIGUEIREDO, 2015).

Esta pesquisa consiste em avaliar a resistência mecânica e absorção de água em tijolos solo-cal incorporados com resíduos industriais, bem como a caracterização dos mesmos.

Material e Métodos

Os materiais utilizados nesta pesquisa foram: solo argiloso proveniente do município de Lagoa Seca – PB, cal calcítica hidratada fabricada no Município de Limoeiro do Norte – CE, resíduo de rochas ornamentais (RO) proveniente da indústria de beneficiamento GRANFUJI situada no distrito industrial de Campina Grande–PB, resíduo cerâmico (RCV) decorrente de quebra das peças e falhas de processamento, proveniente da Cerâmica Quipaua Indústria e Comércio Ltda., situada no município de Santa Luzia – PB, resíduos de caulim (RC), tanto a fração grossa (RCG) como a fração fina (RCF), cedido pela indústria Caulisa S.A., Município de Juazeirinho – PB e água potável, fornecida pela concessionária local.

O solo utilizado foi seco ao ar, destorreado e passado em peneira ABNT nº 4 (4,8mm). O RO foi beneficiado em um moinho de bolas, enquanto que os RCV, RCG e RCF foram beneficiados em um moinho de galga. Foram passados em peneira ABNT nº 200 (0,074mm), para a obtenção de uma granulometria equivalente a cal. Uma vez preparados foram acondicionados em sacos plásticos, etiquetados e lacrados.

Caracterização Física

Para efetuar a caracterização física dos materiais foram realizadas análises granulométricas por peneiramento e difração a laser determinada de acordo com a norma ABNT NBR 7181/88.

Para realizar a análise granulométrica por difração a laser utilizou-se as amostras dos materiais que passaram por peneira ABNT nº 200 (0,074mm), e em seguida foram dispersas em 250 ml de água destilada em agitador Hamilton Beach N5000a com velocidade de 17.000 RPM por 10 min, utilizando como defloculante, o hexametáfosfato de sódio. Após agitação a amostra foi colocada em um equipamento modelo 1064 da CILAS, em modo úmido, até atingir a concentração ideal que é de 150 unidades de difração/área de incidência.

Os limites de Atterberg do solo, foram determinados de acordo com as metodologias propostas pelas normas ABNT NBR 6459/88 e NBR 7180/88, os quais fornecem informações sobre o material, quanto à sua trabalhabilidade, variação de volume e absorção de água.

Caracterização Química Mineralógica

Para a determinação da composição química dos materiais, utilizou-se a espectrometria de fluorescência de raios X, em equipamento EDX 700 da marca Shimadzu.

Para a identificação das fases mineralógicas dos materiais, o equipamento utilizado foi o Difrátmetro SHIMADZU XRD-6000. A radiação utilizada foi $\text{CuK}\alpha$, tensão de 40kV, corrente de 30 mA, modo *continuous time*, com passo de $0,02^\circ$ e tempo de contagem de 1,0s.

Análise Térmica Diferencial e Termogravimétrica

Para a realização deste ensaio, foi utilizado um equipamento da BP Engenharia, com razão de aquecimento de $12,5^\circ\text{C}/\text{min}$. A temperatura máxima nas análises foi de 1000°C e o padrão utilizado na análise termo diferencial (ATD) foi o óxido de alumínio (Al_2O_3) calcinado.

Moldagem dos Corpos de Prova e ensaios mecânicos

O traço utilizado para a confecção dos corpos de prova foi de 1:10 (cal + resíduo: solo), sendo o fator de água/aglomerante de $1,98 \pm 2\%$, variando de acordo com o tipo e a quantidade de resíduo incorporado. Foram moldados corpos de prova com incorporação de 15, 30 e 50% de RO, RCV e RC (50%

RCF + 50% RCG), substituindo a parte do aglomerante (cal), e ainda se confeccionou corpos de prova de referência, sem adição de resíduo.

Todos os corpos de prova foram moldados de acordo com a norma ABNT NBR 12024/12, utilizando moldes cilíndricos, com dimensões básicas de 5cm de diâmetro e 10cm de altura. Após a moldagem os mesmos foram submetidos ao processo de cura úmida com períodos de cura de 28, 60 e 90 dias. Por fim foram submetidos a ensaio de absorção de água e resistência à compressão simples.

Resultados e Discussão

Caracterização física

Nas Figuras 1, 2, 3, 4, 5 e 6 estão apresentadas as curvas de distribuição granulométrica acumulada do solo, cal, resíduo de rochas ornamentais, resíduo de cerâmica vermelha e dos resíduos de caulim, grosso e fino.

De acordo com a Figura 1 observa-se que a curva apresenta comportamento monomodal com ampla distribuição de partículas, entre 0,04–112 μ m, com diâmetro médio de 32,70 μ m com D_{10} de 3,27 μ m, D_{50} de 30,83 μ m e D_{90} de 64,45 μ m. A massa acumulada equivalente a fração argila do solo (< 2 μ m) foi de 6,51%, a fração silte (2 μ m < X < 60 μ m) foi 80,12% e a fração areia (60 μ m < X < 2000 μ m) de 13,37%. Verifica-se que o solo, apresentou como resultado 36,74% de massa acumulada passante na peneira ABNT Nº 200 (0,075mm) e 100% na peneira ABNT Nº 4 (4,8mm). Estes valores estão de acordo com as especificações da norma ABNT NBR 10833/13. Estes valores são semelhantes aos obtidos por Anjos (2011) em seus trabalhos de pesquisa.

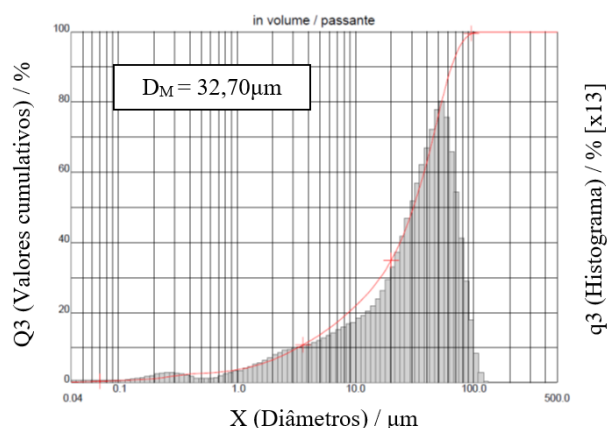


Figura 1. Distribuição de tamanho de partículas do solo.

Analisando a Figura 2 observa-se que a curva apresenta comportamento na faixa monomodal com larga distribuição de tamanho de partículas acumuladas entre 0,04 – 90 μ m, com diâmetro médio de 8,98 μ m e D_{10} de 0,79 μ m, D_{50} de 5,66 μ m e D_{90} de 21,12 μ m. A cal apresenta uma grande concentração das partículas em torno dos 2-60 μ m, estes resultados são semelhantes aos estudos realizados por Patrício (2011).

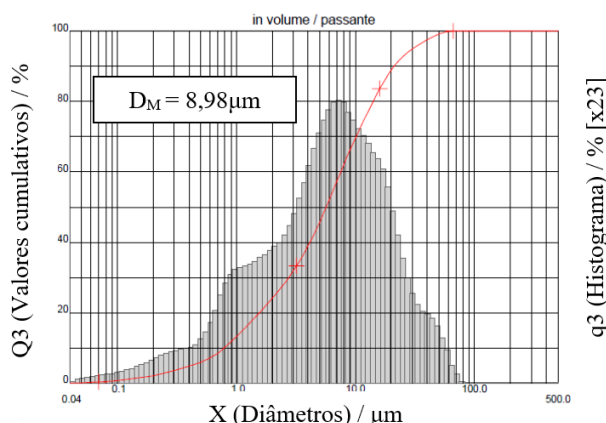


Figura 2. Distribuição de tamanho de partículas da cal Carbomil.

Considerando a Figura 3, observa-se que a curva apresenta comportamento na faixa monomodal com larga distribuição de tamanho de partículas acumuladas entre 0,04 – 71 μ m, com diâmetro médio de 11,82 μ m, e D_{10} 1,07 μ m, D_{50} 7,93 μ m e D_{90} 28,66 μ m. Observa-se que o RO apresentou uma grande concentração das partículas em torno dos 2-60 μ m, estes resultados confirmam os valores obtidos por Lima *et al.* (2010). Portanto, o RO apresenta-se como favorável a substituição parcial da cal, pois apresentou diâmetro médio e concentração das partículas semelhante com a mesma.

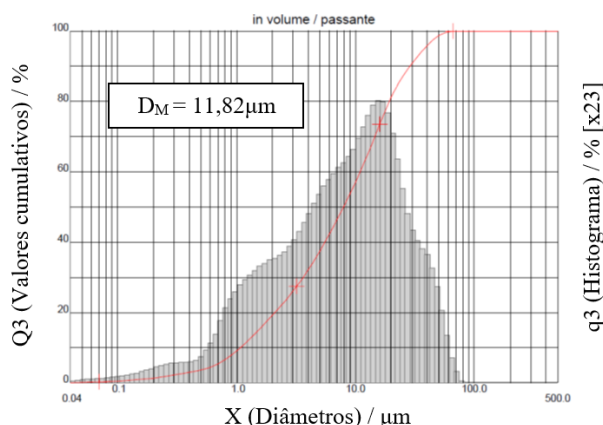


Figura 3. Distribuição de tamanho de partículas do resíduo de rochas ornamentais.

Analisando a Figura 4 observa-se que a curva apresenta comportamento na faixa monomodal com larga distribuição de tamanho de partículas acumuladas entre 0,04 – 100 μ m, com diâmetro médio de 21,59 μ m, e D_{10} 1,54 μ m, D_{50} 16,28 μ m e D_{90} 49,54 μ m. O RCV apresentou uma grande concentração das partículas em torno dos 2-60 μ m, estes resultados são semelhantes aos obtidos por Fontes (2013) em seus trabalhos de pesquisa.

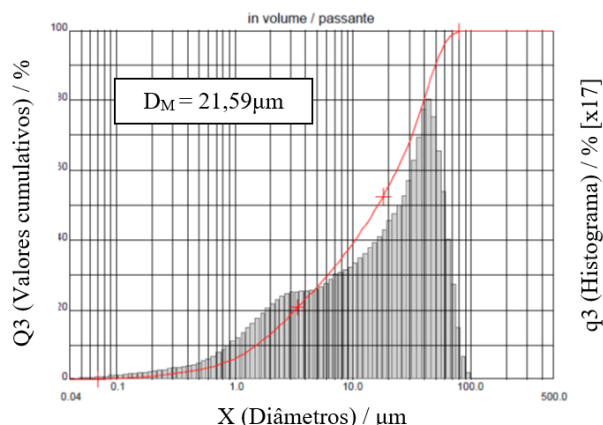


Figura 4. Distribuição de tamanho de partículas do resíduo de cerâmico.

Analisando as Figuras 5 e 6 observa-se que as curvas apresentam comportamento na faixa monomodal com larga distribuição de tamanho de partículas acumuladas entre 0,04 μ m – 100 μ m, o RCG com diâmetro médio de 35,36 μ m, D_{10} 3,54 μ m, D_{50} 32,26 μ m e D_{90} 71,29 μ m e o RCF com diâmetro médio de 31,71 μ m, e D_{10} 2,43 μ m, D_{50} 28,21 μ m e D_{90} 67,47 μ m. O RCG e RCF apresentaram uma grande concentração das partículas em torno dos 50-60 μ m, mostrando-se semelhantes aos obtidos por Fontes (2013). Apesar dos resíduos do caulim apresentarem um diâmetro médio e concentração das partículas um pouco diferentes da cal, não podemos descartá-lo como uma substituição favorável, pois o mesmo ainda será calcinado e assim favorecerá as ligações químicas dos mesmos independente dos tamanhos das suas partículas.

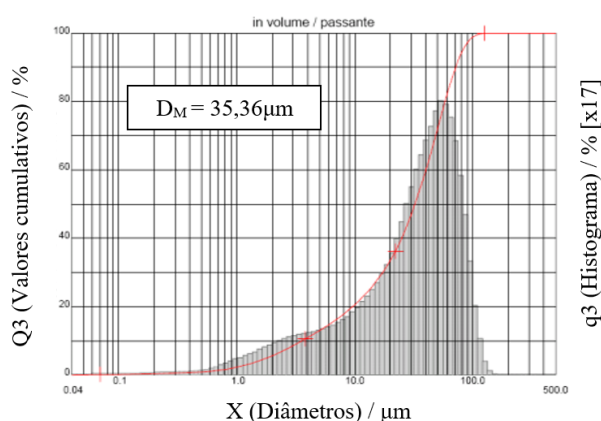


Figura 5. Distribuição de tamanho de partículas do resíduo de caulim grosso.

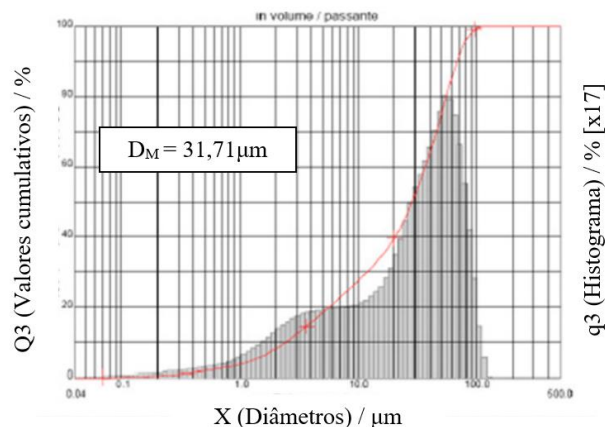


Figura 6. Distribuição de tamanho de partículas do resíduo de caulim fino.

A partir dos valores contidos na Tabela 1, verifica-se um potencial favorável do solo utilizado na confecção de tijolos solo-cimento, pois o mesmo apresenta um limite de liquidez inferior a 45% e um índice de plasticidade inferior a 18%, sendo estes valores limites estabelecidos pela norma ABNT NBR 10833/13.

Tabela 1. Limites de Atterberg

Material	LL(%)	LP(%)	IP(%)
Solo	26,6	18,5	8,1

Conforme os resultados obtidos dos limites de Atterberg e da análise granulométrica, o solo foi classificado como SC: Sand clay, ou seja, é uma areia argilosa, com mistura de areia e argila mal graduada, de acordo com a Classificação Unificada dos Solos (The Unified Soil Classification System – USCS).

Análise Química

Na análise química pode-se observar, conforme a Tabela 2, que o solo apresenta elevados teores de sílica e alumina correspondendo a 45,19% e 31,24% respectivamente, provenientes da fração argilosa, feldspato e sílica livre. Observa-se também a presença do óxido de ferro correspondendo a 5,88%, esse óxido é o responsável por conferir cor avermelhada ao solo.

Tabela 2. Composição química dos materiais estudados

Determinações (%)	Solo	Cal	RO	RCER	RCF	RCG
SiO ₂	45,19	1,57	49,03	51,24	45,29	46,90
Al ₂ O ₃	31,24	0,87	18,38	26,09	38,82	38,05
K ₂ O	3,71	0,32	3,38	3,76	0,69	1,23
MgO	0,73	1,81	4,08	3,17	0,95	0,88
Fe ₂ O ₃	5,88	0,27	12,38	9,67	0,34	0,43
CaO	0,32	69,79	6,28	1,72	Ausente	Ausente
SO ₃	0,09	Ausente	0,37	Ausente	Ausente	Ausente
TiO ₂	0,44	Ausente	1,95	0,97	Ausente	0,09
Na ₂ O	Ausente	Ausente	2,58	0,97	Ausente	Ausente
Outros Óxidos	0,36	0,04	0,84	0,97	0,17	0,09
Perda ao Fogo	12,04	25,33	0,73	1,44	13,74	12,33

Analisando a composição química da cal (Tabela 2), verifica-se um elevado teor de óxido de cálcio (CaO) de 69,79% e baixo teor de óxido de magnésio (MgO) de 1,81%. De acordo com essa composição, a cal utilizada nessa pesquisa classifica-se como cal calcítica, onde é indicada como aglomerante mineral.

De acordo com os resultados apresentados para a composição química do RO (Tabela 2) verifica-se elevado teor de dióxido de silício (SiO_2) de 49,03%, óxido de alumínio (Al_2O_3) de 18,38% e o óxido de ferro (Fe_2O_3) de 12,38%. Além disso, apresenta teor de SO_3 de 0,37% e uma perda ao fogo de 0,73%.

Para a composição química do RCV (Tabela 2), verifica-se elevado teor de dióxido de silício (SiO_2) de 51,24%, óxido de alumínio (Al_2O_3) de 26,09% e o óxido de ferro (Fe_2O_3) de 9,67%.

Conforme os resultados apresentados para a composição química do RCF (Tabela 2) verifica-se elevado teor de dióxido de silício (SiO_2) de 45,29%, óxido de alumínio (Al_2O_3) de 38,82% e o óxido de ferro (Fe_2O_3) de 0,34%.

Para a composição química do RCG (Tabela 2) verificou-se elevado teor de dióxido de silício (SiO_2) de 46,90%, óxido de alumínio (Al_2O_3) de 38,05% e o óxido de ferro (Fe_2O_3) de 0,43%.

Portanto, tendo em vista que esses óxidos representam mais de 50% da composição química do resíduo e apresentam teor de SO_3 de inferior a 5%, de acordo com a norma ABNT NBR 12653/15 e ASTM C 618/08, esses materiais possuem requisitos químicos favoráveis à atividade pozolânica, promovendo uma maior união entre as partículas, com isso possivelmente poderá atingir elevadas resistências mecânicas.

Difração de Raios X

As Figuras 7, 8, 9, 10, 11 e 12 apresentam respectivamente os difratogramas do solo, da cal, do RO, do RCV, do RCF e do RCG.

Observando a Figura 7 verifica-se que o solo apresentou as seguintes fases mineralógicas: caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), caracterizada pelas distâncias interplanares de 7,21Å, 3,19Å e 2,28Å; quartzo (SiO_2), caracterizado pelas distâncias interplanares de 4,24Å, 3,34Å e 2,24Å; calcita (CaCO_3) caracterizada por 3,03Å, 2,28Å e 2,10Å e menor quantidade de mica ($\text{KMg}_3(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$) caracterizada por 10,04Å, 5,00Å, 3,25Å e 2,46Å. Logo, esses resultados estão de acordo com a composição química da Tabela 2.

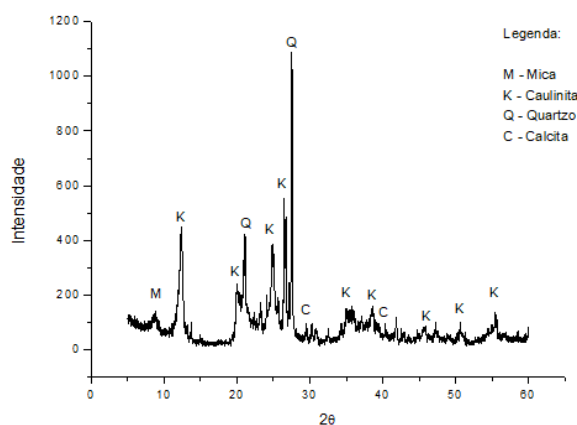


Figura 7. Difração de raios X do solo.

Analisando a Figura 8 verifica-se que a cal apresentou as seguintes fases mineralógicas: portlandita ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), caracterizada pelas distâncias interplanares de 5,60Å, 3,23Å e 2,62Å e calcita (CaCO_3) caracterizada por 3,03Å, 2,28Å e 2,10Å. Logo, esses resultados estão de acordo com a composição química apresentada na Tabela 2.

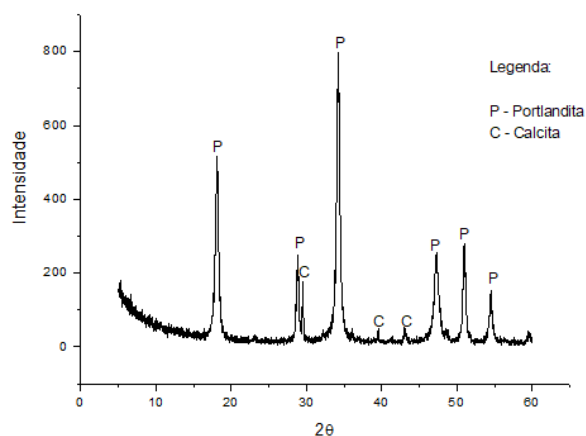


Figura 8. Difração de raios X da cal.

Analizando a Figura 9 verifica-se a presença das seguintes fases mineralógicas: mica ($\text{KMg}_3(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$) caracterizada por 10,04Å, 5,00Å, 3,25Å e 2,46Å; feldspato potássio (KAlSi_3O_8), caracterizado pelas distâncias interplanares de 4,24 Å e 3,20Å; feldspato sódico ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), caracterizado pelas distâncias interplanares de 4,03Å e 3,19Å e quartzo (SiO_2), caracterizado pela distância interplanar de 4,24Å, 3,34Å e 2,24Å. Verifica-se também a presença de óxido de ferro (Fe_2O_3) proveniente da granalha de ferro na serragem das rochas. Logo, esses resultados estão de acordo com a composição química apresentada na Tabela 2.

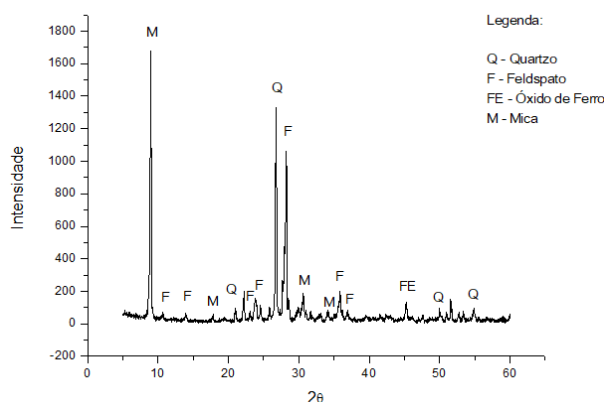


Figura 9. Difração de raios X de rochas ornamentais.

Analizando a Figura 10 verifica-se a presença das seguintes fases mineralógicas: mica ($\text{KMg}_3(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$) caracterizada por 10,04Å, 5,00Å, 3,25Å e 2,46Å; feldspato potássio (KAlSi_3O_8), caracterizado pelas distâncias interplanares de 4,24 Å e 3,20Å; feldspato sódico ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), caracterizado pelas distâncias interplanares de 4,03Å e 3,19Å e quartzo (SiO_2), caracterizado pela distância interplanar de 4,24Å, 3,34Å e 2,24Å. Verifica-se também a presença de óxido de ferro (Fe_2O_3). Esses resultados estão de acordo com a composição química apresentada na Tabela 2 e com os resultados encontrados por Bezerra (2014).

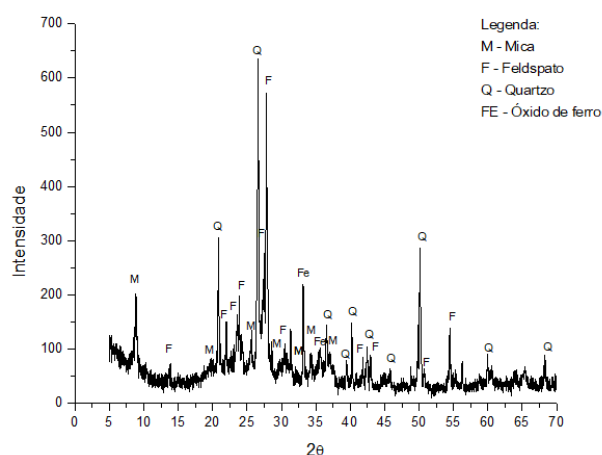


Figura 10. Difração de raios X do resíduo cerâmico.

Analisando a Figura 11 e a Figura 12 verifica-se a presença das seguintes fases mineralógicas: mica ($\text{KMg}_3(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$) caracterizada por 10,04Å, 5,00Å, 3,25Å e 2,46Å; caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), caracterizada pelas distâncias interplanares de 7,21Å, 3,19Å e 2,28Å e quartzo (SiO_2), caracterizado pela distância interplanar de 4,24Å, 3,34Å e 2,24Å. Logo, esses resultados estão de acordo com a composição química apresentada na Tabela 2 e com os resultados encontrados por Severo (2014).

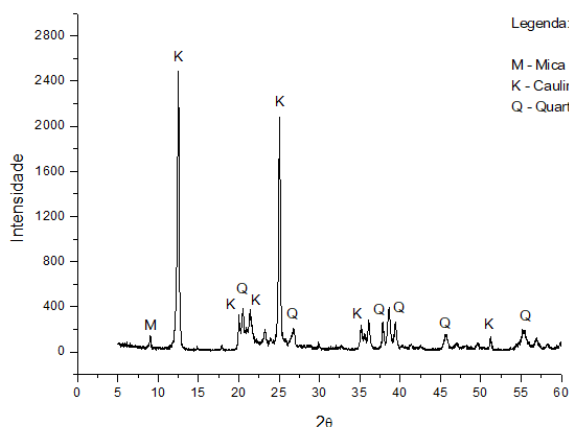


Figura 11. Difração de raios X do resíduo de caulim fino.

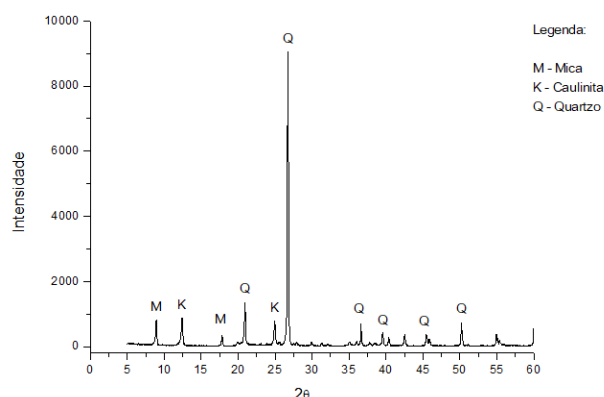


Figura 12. Difração de raios X do resíduo de caulim grosso.

Análise Térmica diferencial e Termogravimétrica

Nas Figuras 13, 14, 15, 16, 17 e 18 encontram-se as curvas das análises termodiferenciais e termogravimétricas do solo, da cal, do RO, do RCV, do RCF e do RCG estudados. Estas análises serviram para confirmar as análises químicas realizadas anteriormente, através dos picos de temperatura e ainda também expressam a perda de massa de cada material quando elevado a 1000°C.

Analisando a Figura 13, verifica-se através da curva da análise termodiferencial do solo que a amostra apresentou pico endotérmico a 100,89°C caracterizando a presença de água livre e adsorvida, pico endotérmico de grande intensidade a 579,12°C correspondente possivelmente à presença de hidroxila formando a metacaulinita, a partir de 620 até 900°C, e pico exotérmico de pequena intensidade a 944,76°C provavelmente relacionado a nucleação de mulita. Para análise termogravimétrica observou-se uma perda de massa total de 13% correspondendo a perda de água livre e adsorvida e a perda de massa da caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$).

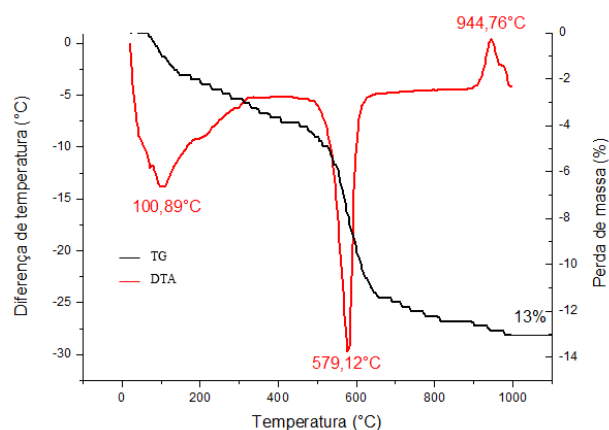


Figura 13. Análise termogravimétrica e termodiferencial do solo.

Analisando a Figura 14, verifica-se através da curva da análise termodiferencial da cal que a amostra apresentou pico endotérmico de grande intensidade a 564,64°C correspondente a presença do hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) e de pequena intensidade a 786,63°C correspondente a presença do carbonato de cálcio (CaCO_3 , calcita). Na curva da análise termogravimétrica observa-se que houve perda de massa total de 26% correspondendo as perdas de massa do hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) e da calcita (CaCO_3).

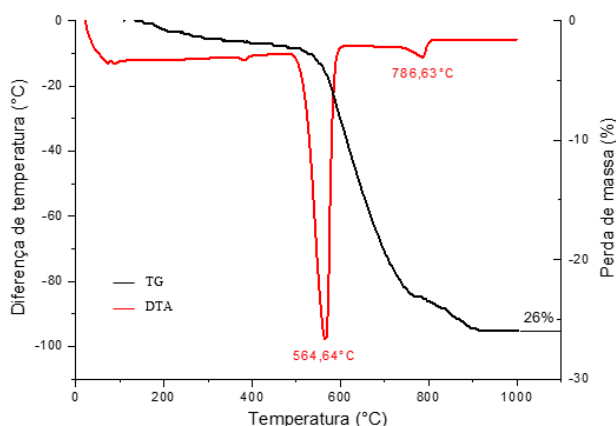


Figura 14. Análise termogravimétrica e termodiferencial da cal.

Analisando a Figura 15, verifica-se através da curva da análise termodiferencial do RO que a amostra apresentou pico endotérmico a 100°C caracterizando a presença de água livre e pico endotérmico presente entre 660 e 760°C corresponde provavelmente à perda de hidroxilas da mica ($\text{KMg}_3(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$). Para análise termogravimétrica tem-se uma perda de massa de 0,99% e posteriormente observa-se que ouve um pequeno ganho de massa de 0,08%, provavelmente devido às reações ocorridas entre o material e o ar circundante.

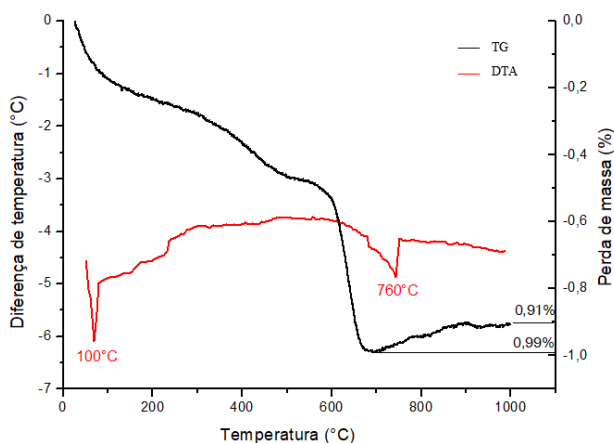


Figura 15. Análise termogravimétrica e termodiferencial do resíduo de rochas ornamentais.

Analisando a Figura 16, verifica-se através da curva da análise termodiferencial do RCER que a amostra apresentou pico endotérmico a 60°C caracterizando a presença de água livre, pico endotérmico presente em 285°C corresponde provavelmente ao hidróxido de alumínio, e pico endotérmico na temperatura de 660°C correspondente possivelmente a quebra da estrutura cristalina da mica residual. Para análise termogravimétrica observa-se uma perda de massa de 2,56% correspondente à perda de água livre e decomposição de algum elemento presente no material em pequena quantidade.

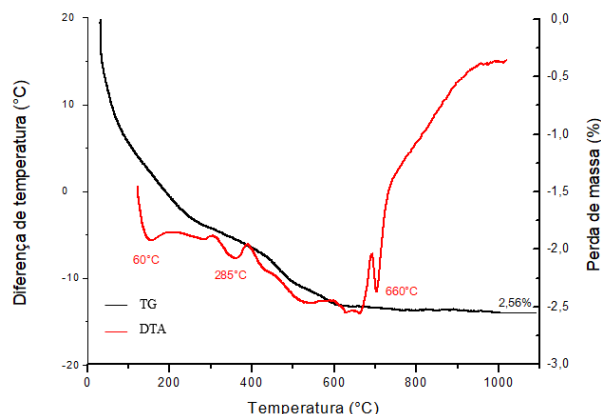


Figura 16. Análise termogravimétrica e termodiferencial do resíduo cerâmico.

Analisando as Figuras 17 e 18, verifica-se através das curvas das análises termodiferenciais do RCF e RCG que as amostras apresentaram picos semelhantes: pico endotérmico a 83 e 85°C caracterizando a presença de água livre; pico endotérmico presente em 495 e 500°C corresponde provavelmente a perda das hidroxilas presente na caulinita; e pico exotérmico na temperatura de 988 e 990°C, respectivamente, correspondente possivelmente a formação da mulita. Em relação as análises termogravimétricas percebem-se também comportamento semelhante nas duas amostras, o RCF apresentou uma perda de massa de 14,7% e o RCG uma perda de 13%, correspondente à perda de água livre e decomposição de algum elemento presente nos materiais em pequena quantidade.

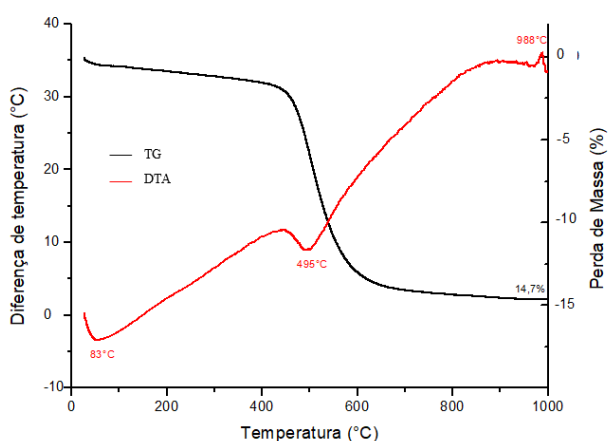


Figura 17. Análise termogravimétrica e termodiferencial do resíduo de caulim fino

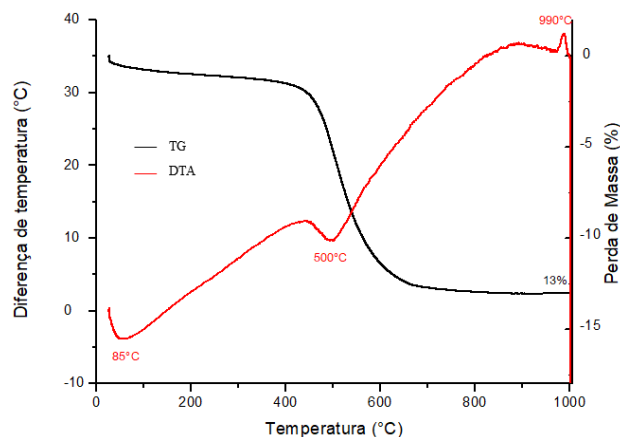


Figura 18. Análise termogravimétrica e termodiferencial do resíduo de caulim grosso.

Ensaio Mecânicos

A seguir encontra-se os resultados obtidos para a resistência a compressão simples e absorção de água dos tijolos solo-cal incorporados com os resíduos: RO, RCV, RCF e RCG.

Analisando a Figura 19, 20 e 21, pode-se verificar que a resistência a compressão simples (RCS) dos corpos de prova de tijolos solo-cal incorporados com resíduo de rochas ornamentais, resíduo da cerâmica vermelha e resíduos do caulim, atingiram valores superiores ao exigido pela norma ABNT NBR 8491/12, que é de 2,0Mpa. De maneira geral, a RCS foi decrescendo em relação à incorporação de resíduo e crescendo em relação à idade de cura.

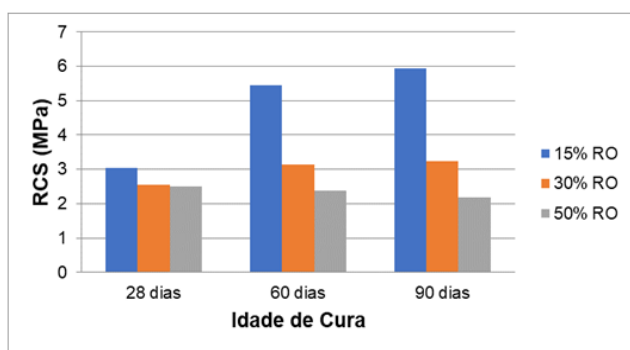


Figura 19. Resistência à compressão simples dos corpos de prova solo-cal incorporados com resíduo de rochas ornamentais.

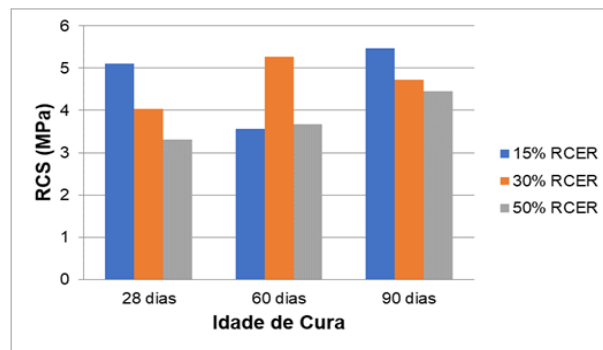


Figura 20. Resistência à compressão simples dos corpos de prova solo-cal incorporados com resíduo cerâmico.

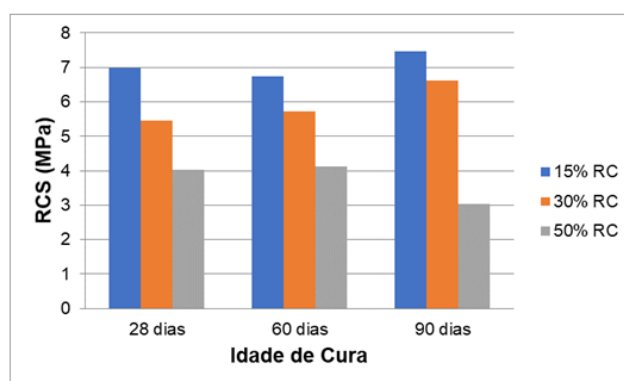


Figura 21. Resistência à compressão simples dos corpos de prova solo-cal incorporados com resíduo de caulim.

A Figura 22 apresenta uma comparação entre a composição de 15% de cada resíduo incorporado ao tijolo solo-cal, visto que esta proporção apresenta de uma forma geral os melhores resultados de resistência a compressão simples. Dentre os três resíduos estudados, o resíduo do caulim apresenta-se como o mais resistente, pois demonstrou possuir os melhores resultados para RCS, atingindo valores superiores a 7Mpa. Este resultado pode ser atribuído a capacidade de o resíduo do caulim desenvolver uma elevada atividade pozolânica.

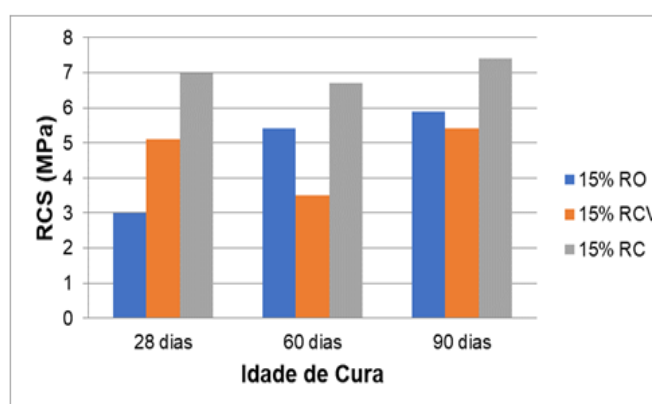


Figura 22. Resistência à compressão simples dos corpos de prova solo-cal incorporados com 15% resíduo.

De acordo com a Figura 23, verifica-se que os valores de absorção de água dos corpos de prova foram decrescendo em relação ao tempo de cura e crescendo, de maneira geral, em relação à incorporação de resíduo. No entanto, observa-se que apenas a incorporação de 15% de RO, aos 90 dias de cura, apresentou absorção de água inferior a 20%, que é o valor máximo estabelecido pela ABNT NBR 8491/12. Observando a Figura 24, percebe-se que incorporações de 30% de RCV aos 90 dias de cura e 50% de RCV aos 28, 60 e 90 dias de cura, apresentaram absorção de água superior a 20%, assim como

as incorporações de 30% de RC aos 28 e 60 dias de cura e 50% de RC aos 28, 60 e 90 dias de cura, representadas na Figura 25.

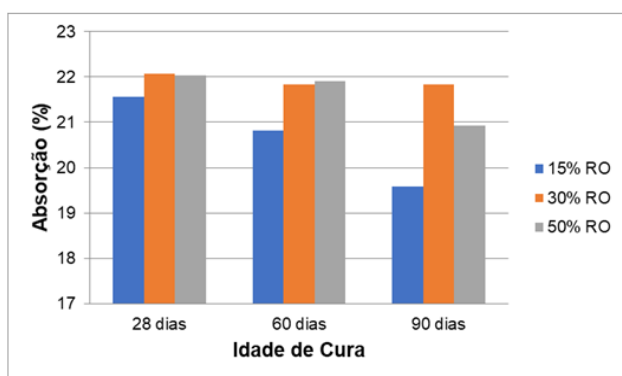


Figura 23. Absorção de água dos corpos de prova solo-cal incorporados com resíduo de rochas ornamentais.

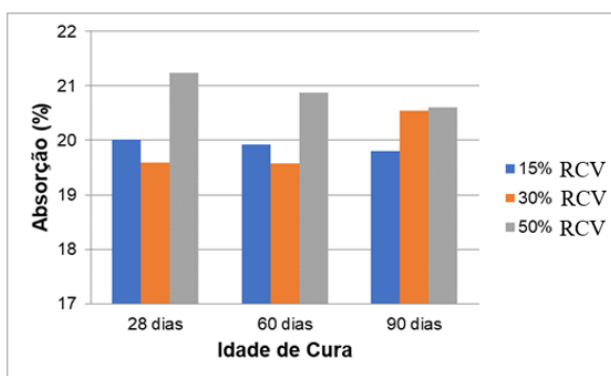


Figura 24. Absorção de água dos corpos de prova solo-cal incorporados com resíduo cerâmico.

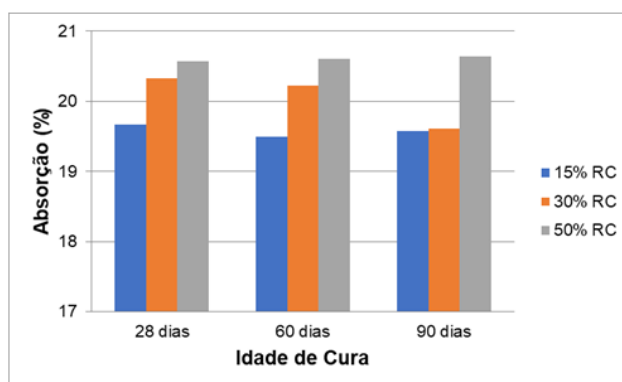


Figura 25. Absorção de água dos corpos de prova solo-cal incorporados com resíduo de caulim.

Conclusão

A produção de tijolos solo-cal com a incorporação de resíduos industriais, favorece a sustentabilidade, pois anualmente toneladas de resíduos são despejadas no meio ambiente, tendo em vista que estes tijolos se apresentam como materiais de grande importância para a construção civil.

De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que o RO, RCV, o RC, a cal e o solo apresentaram distribuição de tamanho das partículas e composição mineralógica adequada à utilização em solo-cal. Em relação a RCS Os corpos de prova incorporados com 15% de resíduo apresentaram melhor desempenho mecânico aos 90 dias de cura.

A absorção dos corpos de prova incorporados com RO esteve dentro das especificações, apenas para a composição com incorporação de 15% de RO aos 90 dias de cura.

A absorção dos corpos de prova incorporados com RCV esteve dentro das especificações, apenas para a composição com incorporação de 15% de RCV aos 90 e 60 dias de cura.

A absorção dos corpos de prova incorporados com RC esteve dentro das especificações, para a composição com incorporação de 15% de RC em todas as idades de cura e para a composição com incorporação de 30% de RC aos 90 dias de cura.

Portanto, confirmou-se a relação inversamente proporcional entre resistência e absorção, visto que a diminuição da porosidade promove o preenchimento dos vazios e o aumento da resistência.

Referências Bibliográficas

ANICER. Associação Nacional da Indústria Cerâmica. Informações técnicas, 2018. Disponível em: <http://portal.anicer.com.br/setor>.

ANJOS, C. M. Utilização de resíduos de caulim em tijolos de solo-cal. 78f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2011.

- BEZERRA, I. M. T. Desenvolvimento de corpos cerâmicos utilizando ativação alcalina no resíduo da cerâmica vermelha. 114f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais), Centro de Ciências e Tecnologia. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2014.
- CASTRO, E. M. A força do setor de rochas Ornamentais [Editorial]. Revista Rochas de Qualidade, v.244, p.13, 2015.
- FIGUEIREDO, S. S. Influência da adição de resíduos industriais na durabilidade de blocos solo-cal. 125f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais), Centro de Ciências e Tecnologia. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2015.
- FONTES, T. I. M. Argamassas de cal hidráulica natural NHL3.5 de fabrico nacional – Otimização de características com resíduo cerâmico e metacaulino. 177f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Perfil de Construção). Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, 2013.
- GARGIA, E.; CABRAL JUNIOR, M. CHOTOLI, F. F. Avaliação da atividade pozolânica dos resíduos de cerâmica vermelha produzidos nos principais polos ceramistas do Estado de S. Paulo. In: Cerâmica, 2015.
- LIMA, R. C. O. Estudo da durabilidade de paredes monolíticas e tijolos de solo-cimento incorporados com resíduo de granito. 107f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2010.
- MELLO, I. S. C. A cadeia produtiva de rochas ornamentais e para revestimento no Estado de São Paulo. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo S.A, 2004. p.129-152.
- SANTOS, J. dos. Caracterização de resíduos de rochas ornamentais: aplicação de conceitos mecanoquímicos. 114f. Dissertação (Mestrado). Curso de Química. Universidade Estadual de Campinas Instituto de Química. Campinas, 2016.
- PATRICIO, S. M. R. Aproveitamento de resíduos da construção civil na produção de tijolos solo-cal. 89f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.
- SEVERO, C. G. S. Reciclagem de resíduos de serragem do granito e do beneficiamento do caulim utilizando ativação alcalina. 116f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais), Centro de Ciências e Tecnologia. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2014.
- SILVA, R. V. da; AZEVEDO, L. M. de; BATISTA, W. R. R. F.; SILVA, J. B. da; MENDONÇA, A. M. G. D. Resíduo de Caulim - Avaliação das Propriedades Química e Mineralógicas. In: Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências, 1, 2016, Campina Grande. Anais.... Campina Grande: Editora Realize, 2016.

MELHORAMENTO DE SOLO COM ADIÇÃO DE PET RECICLADO E CIMENTO PORTLAND**¹Larissa Santana Batista****²Dameres de Sá Ramalho Neta****³Wily Santos Machado****⁴Nayla Kelly Antunes de Oliveira****⁵Jonatas Kennedy Silva de Medeiros****⁶Palloma Karolayne Santos Oliveira****⁷Valéria Victória Pereira da Silva****⁸Giovanna Feitosa de Lima**

¹Professora do Curso de Engenharia Civil, UFCG/CCTA/UACTA Campus Pombal, larisantanabatista@gmail.com

^{2,3,4,5,6}Acadêmicos em Engenharia Civil, UFCG/CCTA/UACTA Campus Pombal, damaresramalhon@gmail.com;

wilysantos1997.ws@gmail.com; nayla-oliveira@hotmail.com;

jonataskennedy@hotmail.com; pkarolayne_@hotmail.com

⁷Graduada em Engenharia Civil, UNIVIP, valeriavictoria_@hotmail.com

⁸Mestre em Engenharia Civil e Ambiental, UFCG, giovannafeitosa@gmail.com

Introdução

O consumo de produtos plásticos ao longo dos anos vem produzindo grande número de resíduos desse material, os quais se acumulam pelos aterros gerando problemas ambientais consideráveis (KUMAR et al., 2010). Os processos industriais geram muitos resíduos e subprodutos, como os resíduos obtidos de garrafas recicladas compostas de cadeias de polietileno tereftalato – PET (PELISSER et al., 2012).

O PET é um polímero, conhecido por muitos anos simplesmente por poliéster ou fibra (EHRIG, 1992). Segundo Mano (1999), o PET é um polímero produzido por condensação, por meio da reação entre o ácido tereftálico (PTA) ou dimetil tereftalato (DMT) e o etileno glicol (EG).

Quando nos referimos aos problemas ambientais relacionados a esse material, Spinacé e Paoli (2004) afirmam que eles não são causados pelos polímeros e sim pelo seu descarte de forma inadequada, sendo a reciclagem sistemática a solução para minimizar esse impacto ambiental.

O Décimo Censo da Reciclagem de PET no Brasil demonstrou que 274 mil toneladas de embalagens PET são direcionadas à reciclagem, ou seja, 51% do total (ABIPET, 2016). Sua reciclagem potencializa os benefícios para o meio ambiente, pois a matéria-prima reciclada substitui material virgem em muitos outros produtos, economiza recursos naturais, água e energia (CASTILHO, 2017).

Em contrapartida, no cenário da construção civil nos deparamos com diversos problemas, dentre eles, a grande heterogeneidade dos solos, com as mais distintas características, gerando consequentemente, suportes de cargas diferentes. Na prática, nem todas as construções são beneficiadas com solos resistentes e de boa qualidade. Por esse motivo, faz-se necessária a utilização de técnicas que têm como objetivo melhorar o solo, proporcionando a ele as características de suporte necessárias para resistir aos esforços solicitantes (SILVA, 2016).

Nesse sentido que temos a inserção dos resíduos, como material alternativo, nos trabalhos geotécnicos, contribuindo para redução do consumo de recursos naturais, queda dos custos e investimentos em pesquisa e infraestrutura (GHAZI et al., 2015).

De forma geral, a maior parte das técnicas de melhoramento de solos exigem matéria prima para sua utilização, ou seja, a extração de recursos naturais. Entretanto, com os danos climáticos existentes no planeta, provenientes de fatores como poluição, por exemplo, há uma preocupação crescente acerca de reaproveitamento de materiais unido a otimização da utilização dos recursos naturais (SILVA, 2016).

Almejando minimizar o descarte do PET reciclado e a redução da utilização de recursos naturais na indústria de construção civil, torna-se adequado sua aplicação nesse setor, pois de acordo com Patrício (2015), nas últimas décadas os polímeros têm sido cada vez mais utilizados nas diversas áreas da Engenharia. Por sua versatilidade, os polímeros permitem a melhoria de propriedades específicas que melhor atendam a necessidade do projeto.

Por tanto, a utilização de soluções econômicas e que permitam aproveitar resíduos no melhoramento do comportamento de solos apresenta interesse, do ponto de vista ambiental e técnico, particularmente em países com menores recursos (SOUSA et al., 2017).

Dessa forma, vê-se a imprescindibilidade de pesquisar alternativas que forneçam desenvolvimento e avanço para a construção civil, mas que também reduzam os impactos ambientais causados por ela. Nessa perspectiva, este trabalho tem por objetivo analisar o comportamento de um solo, a partir da incorporação de materiais resultantes do processo de reciclagem do resíduo de PET e o Cimento Portland, visando melhorar suas características físicas e mecânicas, proporcionando assim, mais segurança na construção.

Material e Métodos

O solo utilizado para execução dos ensaios foi coletado em uma jazida localizada no loteamento Alto das Sete Luas, no bairro do Alto do Moura, município de Caruaru, Pernambuco.

Para realização dos ensaios, foram retiradas pequenas quantidades de solo em pontos estratégicos do perímetro da jazida, afim de obter informações representativas.

O polímero usado nos ensaios, Poli (tereftalato de etileno) – PET, foi obtido através da empresa DEPET, localizada em Campina Grande-PB, que é responsável pela coleta e reciclagem de embalagens plásticas.

Ensaio Laboratoriais

Os ensaios laboratoriais foram divididos em duas partes. A primeira refere-se à caracterização física do solo e a segunda aos ensaios mecânicos.

Caracterização do Solo

Os ensaios referentes a caracterização física foram realizados com o solo puro, obedecendo as recomendações exigidas pela norma para cada situação.

Preparo da Amostra

O preparo dos materiais, segundo a NBR 6457/1986, foi o passo inicial para a realização dos ensaios, iniciando o processo com a preparação do solo puro, passando o mesmo na peneira 4,8mm, conforme a Figura 1, sendo descartados os materiais retidos.



Figura 1. Material passante na peneira 4,8mm – solo.

Em seguida, foi efetuada a lavagem do resíduo proveniente do poli (tereftalato de etileno) – PET que não possuía mais utilização, passando-se inicialmente o material na peneira de 4,8mm (Figura 2), descartando o material que ficou retido.



Figura 2. Material passante na peneira 4,8mm – PET.

Umidade Higroscópica

A partir dos valores obtidos referentes a massa seca e úmida do solo puro, tornou-se possível calcular a umidade higroscópica do mesmo através da Equação 1.

$$h = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100\% \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde: h= umidade higroscópica; Ph= massa úmida; Ps= massa seca.

A umidade higroscópica foi obtida através do método da estufa, seguindo as orientações da NBR 6457/1986.

Ensaio de Granulometria por Peneiramento e Sedimentação

O ensaio de granulometria foi realizado a partir das recomendações da NBR 7181/1984, que prescreve o método para análise granulométrica do solo, realizada por peneiramento ou por combinação de sedimentação e peneiramento. Esse ensaio foi executado com a amostra do solo puro, permitindo assim, a construção da curva granulométrica correspondente.

Limite de Plasticidade

Segundo as orientações da NBR 7180/1984, para o ensaio de limite de plasticidade, separa-se uma amostra de solo puro e adiciona-se água até que a mesma esteja bem homogeneizada, misturando sempre com o auxílio de uma espátula.

Em seguida, molda-se uma pequena quantidade da massa em forma cilíndrica, com diâmetro de 3mm, verificando se há fissuras quando alcança-se as dimensões do gabarito.

Repete-se o processo quantas vezes forem necessárias, medindo sempre o teor de umidade das amostras. O limite de plasticidade é encontrado através da média dos valores de umidades. Esses valores não devem se distanciar da média em mais de 5%.

Limite de Liquidez

De acordo com as recomendações da NBR 6459/1984 para determinação do limite de liquidez, faz-se a homogeneização da massa de solo puro transferindo-a, não em sua totalidade, para a concha do aparelho de Casagrande. Em seguida, são realizados os passos para determinação dos teores de umidade e número de golpes para cada amostra.

Posteriormente, deve-se realizar os cálculos referentes aos teores de umidade das amostras e, logo após, realizar o traçado do gráfico teor de umidade x número de golpes, onde, o limite de liquidez será o valor, em porcentagem, da umidade referente a 25 golpes.

Ensaio Mecânicos

Os ensaios mecânicos foram executados com o traço da mistura solo-cimento (com adição de 5% de Cimento Portland) e com o traço das misturas de solo incorporado o resíduo de poli (tereftalato de polietileno) - PET nas proporções de 5, 7 e 10% mantendo 5% de Cimento Portland constante para todos os traços utilizados.

Compactação

Seguindo as etapas prescritas na NBR 7182/1986, a amostra de solo foi previamente seca ao ar, destorroada e homogeneizada. Para a moldagem, considerou-se 3 camadas e foram acrescentadas proporções iguais (1/3 do volume do cilindro) de solo para cada camada. Para a compactação, cada camada recebeu 26 golpes, correspondendo a energia proctor normal.

Com o intuito de obter mais pontos na curva de compactação, o processo é repetido por mais quatro vezes, desde o início, variando-se os teores de água em 2% para cada mistura.

Com os valores referentes aos pesos das amostras de solo secas e úmidas, calcula-se o teor de umidade utilizando-se a Equação1.

Para que se torne possível o cálculo do peso específico do solo seco, primeiro calcula-se o peso específico do solo umedecido pela Equação2.

$$P(su) = \frac{Ph'}{V} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde: P(su) = Peso específico do solo úmido (g/cm³); Ph' = Peso do solo úmido após compactação (g); V = Volume do cilindro.

Em seguida é realizado o cálculo referente ao peso específico seco, pela Equação3.

$$P(ss) = P(su) \times \frac{100}{100 + h'} \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde: P(ss) = Peso específico do solo seco (g/cm³); P(su) = Peso específico do solo úmido (g/cm³); h' = Teor de umidade do solo compactado.

Índice de Suporte Califórnia (ISC)

Após o passo inicial que se deu através do processo de compactação das amostras de solo, conforme a NBR 7182/1986, seguiu-se os indicativos da NBR 9895/1987, que tem como objetivo determinar o Índice de Suporte Califórnia e a expansão de solos em laboratório.

Ao fim do processo de compactação do solo, inverte-se o molde, onde coloca-se o papel filtro e os pesos anelares. Na sequência, encaixa-se o tripé porta-extensômetro, como pode observar-se na Figura 3.



Figura 3. Corpo de prova moldado na umidade ótima para ensaio de ISC.

Posteriormente, os corpos de prova são embebidos em tanque de água, como pode-se observar na Figura 4, onde permanecem por 4 dias. Sendo realizadas no total quatro leituras de expansão, sendo uma a cada 24 horas.

Em seguida, foi retirado os corpos de prova do tanque que, após escoarem, são pesados e submetidos ao ensaio de penetração, utilizando-se a prensa.



Figura 4. Corpo de prova embebido em tanque de água.

Compressão Simples

Na realização do ensaio de resistência a compressão simples, utilizou-se uma metodologia experimental, tomando como referência a NBR 12025/1990 para execução do ensaio de compressão simples em concretos, em que as massas de solo foram compactadas e moldadas de forma a utilizar-se do soquete, que pertence a aparelhagem do ensaio de compactação.

Para cada traço proposto (5, 7 e 10% de PET e 5% de cimento constante), foram moldados 3 corpos de prova com subdivisões de 4 camadas iguais.

Na efetivação do desmolde, esperou-se 24 horas após a moldagem. Consecutivamente, as amostras foram curadas durante sete dias seguidos, como observa-se na Figura 5.



Figura 5. Cura da amostra.

Utilizando-se a prensa hidráulica, as amostras foram submetidas a esforços de compressão até que fissurassem (Figura 6).



Figura 6. Amostras fissuradas (10, 7, 5% PET e solo-cimento, respectivamente).

Resultados e Discussão

Umidade Higroscópica

Na Tabela 1 observa-se a umidade higroscópica das amostras de solo ensaiadas.

Tabela 1. Resultados referentes a umidade higroscópica

Umidade Higroscópica			
Amostras	Peso Úmido (g)	Peso Seco (g)	Umidade (%)
1	50	49,5	1,01
2	50	48,5	3,09
3	50	49,8	0,40
Umidade Média			1,50

A umidade higroscópica tende a ser maior em solos mais argilosos, em nosso caso, a umidade é de 1,50%, consideravelmente baixa, dessa forma, observa-se que, de forma geral o solo tem granulação grossa.

Granulometria por peneiramento e sedimentação

A partir dos dados de umidades naturais e higroscópicas das amostras, como também dos cálculos para obter o material passante e retido em cada peneira e os resultados da sedimentação, foi possível a construção da curva granulométrica do solo (Figura 7).

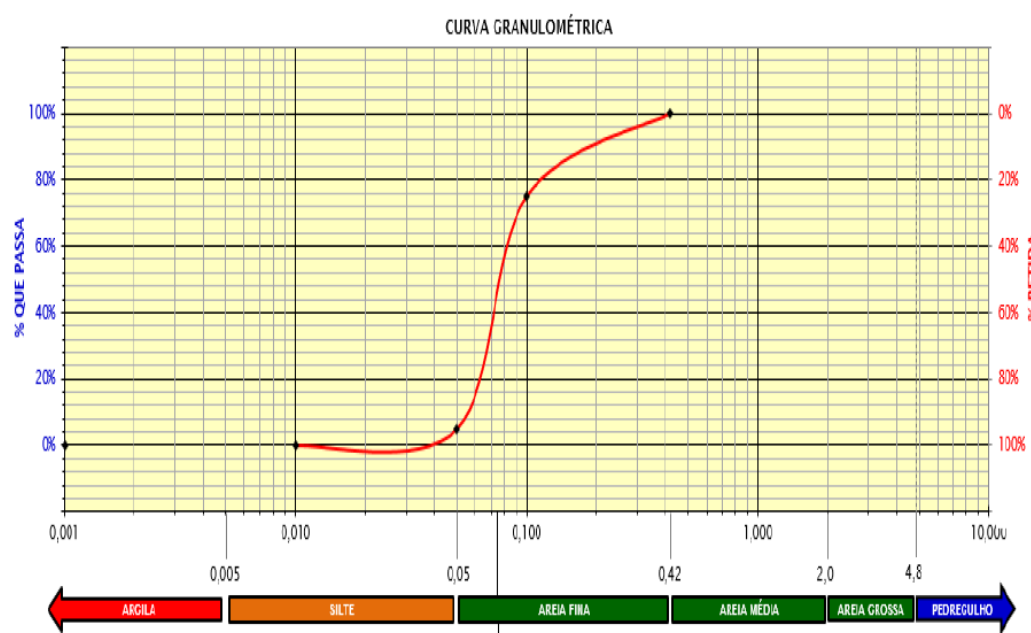


Figura 7. Curva granulométrica do solo.

Analisando a Figura 7, observa-se que o solo apresenta uma granulometria uniforme, pois o valor do coeficiente de uniformidade (C_u), dado pela divisão entre o diâmetro equivalente a 60% do teor passante (0,08) pelo diâmetro referente a 10% do teor que passa (0,06) resultou em 1,33, como 1,33 é menor que 5, então o solo é classificado como muito uniforme.

Através da curva granulométrica pode-se analisar que se trata de um solo basicamente granular arenoso, podendo ser observado algumas características como alta porosidade e permeabilidade, pouca umidade, baixa compressibilidade e susceptibilidade alta à erosão.

De acordo com a classificação da ABNT, o solo é classificado como arenoso, pois possui 88% do tamanho das partículas entre 0,06 e 2 mm.

Conforme o Sistema Unificado de Classificação dos Solos – SUCS, o solo em questão é representado pela sigla SP, onde S refere-se à areia e a letra P a solo uniforme, pois através da análise granulométrica, observa-se que o solo é constituído, sobretudo, de areia e possui uniformidade.

Segundo a classificação da AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), o solo analisado está dentro do grupo A-3, referente à areia fina, possuindo comportamento de excelente a bom quando utilizado como subleito.

O solo uniforme representa um ponto positivo, pois através dessa informação pode-se afirmar que o mesmo tende a possuir características constantes, visto que a composição de suas partículas não varia, sendo assim, utilizados em obras de contenção.

Limite de Plasticidade

Com o solo estudado não foi possível a moldagem de um cilindro de 3mm de diâmetro, dessa forma, pode-se afirmar que não apresenta limite de plasticidade, sendo classificado, conforme a NBR 7180/1984, como não plástico.

O resultado apresentado é satisfatório, porque, solos não plásticos, apresentam uma consistência mais definida, sendo melhores quando o objeto de sua utilização é para fins de estabilização, tendo em vista que sofrem menos deformações.

Limite de Liquidez

Diante da natureza do solo analisado, sabendo-se que ele não apresenta Limite de Plasticidade, torna-se desnecessário a realização do ensaio de Limite de Liquidez, pois na efetuação do cálculo referente ao índice de plasticidade, a NBR 7180/1984 afirma que quando não for possível determinar o limite de liquidez ou limite de plasticidade, deve-se anotar o índice de plasticidade como não plástico (NP).

Compactação

Um dos principais resultados obtidos a partir da realização desse ensaio é a curva de compactação (Figura 8), gerada a partir dos dados da umidade e da massa específica aparente do solo seco. Através dela é possível determinar a umidade ótima e a massa específica aparente seca máxima.

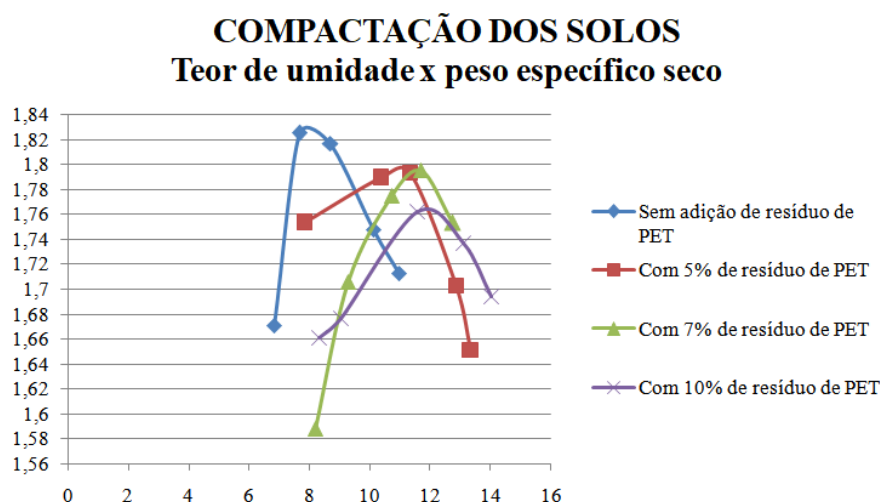


Figura 8. Curva de compactação do solo com e sem adição de resíduo de PET.

Com os resultados obtidos para o ensaio de compactação sem adição de resíduo de PET foi encontrado o valor de, aproximadamente, 1,83 g/cm³ para a massa específica aparente máxima do solo seco e 8% para umidade ótima. Assim, conclui-se que o solo necessita de uma quantidade significativa de água para garantir sua estabilidade.

Em relação ao solo com adições de PET em 5%, constatou-se o valor de, aproximadamente, 1,797g/cm³ para a massa específica aparente máxima do solo seco e 11,4% para umidade ótima. Através dessa informação, observa-se que a adição do resíduo de PET ocasionou em um acréscimo de água de 3,4%, quando comparada a quantidade de água utilizada no solo natural, para que a estabilidade fosse garantida.

Quanto ao solo com adição de resíduo de PET em 7%, observa-se uma umidade ótima próxima a 11,75% e massa específica aparente máxima do solo seco com valor de 1,795 g/cm³. O resultado indica que continua a haver aumento da quantidade de água necessária para estabilizar o solo, de 3,75%, em relação ao solo natural, e 0,35%, em relação ao solo com adição de 5%.

O último teor de resíduos de PET (10%) adicionado a mistura de solo, resultou no teor de umidade ótima de 12% e 1,762g/cm³ para a massa específica aparente máxima do solo seco.

Nessa perspectiva, é possível observar que a adição sucessiva de resíduo de PET provocou uma diminuição na massa específica aparente seca máxima do solo. Isso pode ser devido a densidade do PET que corresponde a 1,38g/cm³, valor bem inferior quando comparada a massa específica aparente seca máxima do solo sem adição do resíduo.

Observa-se que à medida em que se aumentam os teores de resíduos na mistura de solo, aumentam-se também as umidades ótimas, levando a concluir que os resíduos de PET exigem do solo maiores quantidades de água para tornar possível a estabilização, mesmo que para as amostras com adição de resíduo os teores não tenham variado em mais de 1% de um teor para outro.

Índice de suporte Califórnia – ISC

Na Tabela 2, observa-se os resultados das leituras de expansão do solo-cimento e do solo com os teores de adição de 5, 7 e 10% de PET reciclado.

Tabela 2. Resultados das leituras de expansão

Expansão		
Teor de adição (%)	Teor de Cimento (%)	Expansão média (%)
0	5	0,146
5	5	0,12
7	5	0,102
10	5	0,166

Na Figura 9, observa-se o gráfico com os valores da expansão média, possibilitando uma comparação mais específica entre os teores de adição de resíduo.

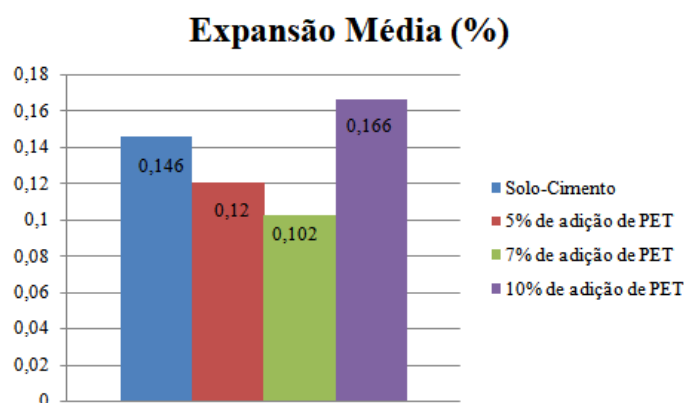


Figura 9. Gráfico da expansão média.

A partir dos resultados expostos, pôde-se observar que, para o primeiro traço (5% de resíduo de PET), houve uma diminuição da expansão, em relação a amostra de solo sem adição de resíduo. No entanto, o comportamento do solo com adição não apresentou periodicidade, pois para os traços de 7 e 10% de resíduo de PET foram encontrados os valores de expansão média de 0,102 e 0,166%, respectivamente.

Constata-se que os traços com menores teores de adição (5 e 7%) são uma boa incorporação, pois apresentam resultados mais satisfatórios quando o objetivo é diminuir a expansão, visto que obtiveram expansões menores que as do solo sem adição. Contudo, mesmo com o aumento, em relação aos demais traços, o solo com 10% de adição ainda apresentou resultados satisfatórios, onde, com o resultado encontrado, poderia ser utilizado para fins de pavimentação, por exemplo, devido sua expansão não ultrapassar o 1% exigido para esse fim.

Para o ensaio CBR, foram encontrados os valores apresentados na Tabela 3, possuindo os valores de ISC finais para cada traço proposto, com adição de resíduos.

Tabela 3. ISC's finais – Solos com adição de resíduo de PET

CBR - Solo + Adição	
Teor de adição (%)	ISC Final (%)
0	80
5	156
7	193
10	304

Na Figura 10, é possível visualizar esses resultados, através do gráfico de barras que demonstra o aumento dos valores de ISC's finais a medida que elevam os teores de adição do PET reciclado.

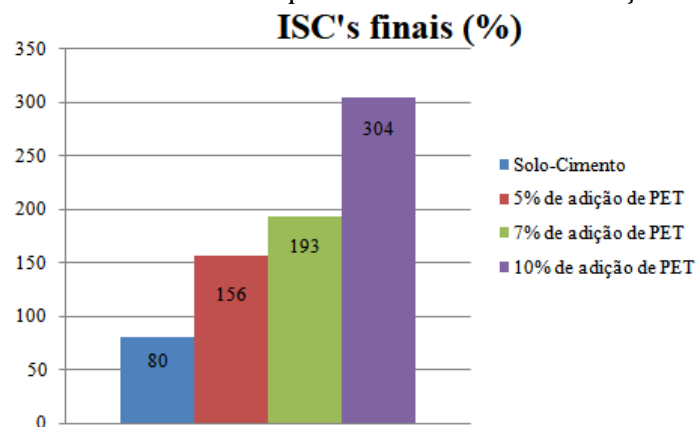


Figura 10. Gráfico de ISC's finais.

Com base nos dados da Tabela 3 e na Figura 10, referente aos ISC finais encontrados para as amostras com adição de resíduos de PET, verifica-se que há um crescimento proporcional, pois, a medida em que os teores de resíduos aumentam, maiores são os valores de ISC encontrados. Dessa forma, pode-se afirmar que a utilização de resíduo de PET proporcionou ao solo uma melhora na sua capacidade de suporte de carga, devido a sua elevada resistência mecânica.

Compressão Simples

Diante dos quatro traços propostos, solo-cimento (5% cimento), solo-cimento-resíduo de PET (5, 7 e 10%) e 5% constante de Cimento Portland, foram obtidos os resultados expostos na Tabela 4 para as resistências a compressão, em Mpa, dos corpos de prova.

Tabela 4. Resultados do ensaio de resistência a compressão simples

Resistência à Compressão Simples			
Teor de adição (%)	Teor de Cimento (%)	Água (%)	Resistência à Compressão (Mpa) - 7 dias
0	5	8	0,52
5	5	11	0,93
7	5	11,9	1,64
10	5	12	1,76

Observa-se que a medida em que, foram sendo aumentados os teores de resíduos de PET na mistura de solo, as resistências a compressão foram aumentando proporcionalmente. Apresentando ganho de quase 100% de resistência em relação a amostra sem adição de resíduos de PET. Esse comportamento, pode ser observado através da Figura 11.

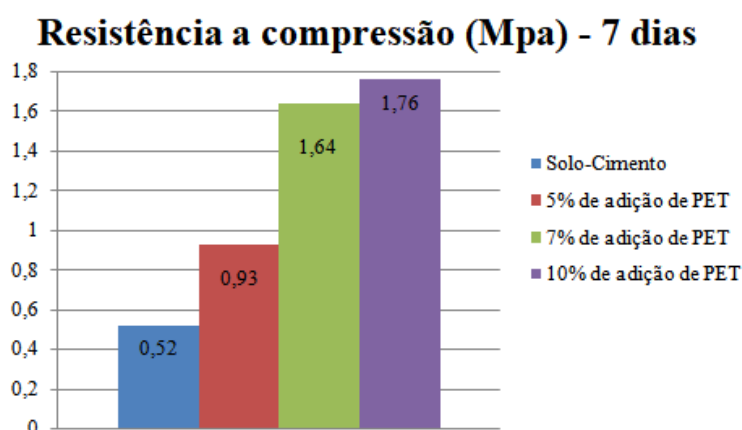


Figura 11. Gráfico de resistência a compressão.

Como observado na Tabela 4 e na Figura 11, a resistência a compressão do solo-cimento é de 0,52 Mpa. Com a adição de 5% de resíduo houve um aumento satisfatório de 0,41Mpa na resistência a compressão e ao adicionar 7% de resíduo de PET ao solo, obteve-se um acréscimo significativo de 1,12Mpa. A incorporação de 10% do PET reciclado proporcionou um aumento de 1,24Mpa quando comparado ao solo-cimento, porém, não foi observada uma mudança considerável em comparação a adição de 7%.

Esse aumento pode ser justificado pelo fato do material possuir uma excelente resistência mecânica, boas propriedades de barreira, alta resistência à tração e à abrasão, suportando fortes impactos, proporcionando estabilidade ao solo. Além disso, o PET possui boa resistência química, sendo capaz de suportar ambientes que o levem ao contato com agentes agressivos.

Dessa forma, observa-se que o resultado é positivo, pois a resistência a compressão é um dos fatores mais importantes na classificação do solo, possibilitando um aumento na capacidade de suporte de cargas.

Conclusão

Pode-se concluir que o solo é classificado como uma areia uniforme, não possuindo Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade.

É possível afirmar que à medida em que os teores de adição aumentaram, fez-se necessário uma maior quantidade de água a ser acrescentada nas misturas, para assim, chegar a umidade ótima. Logo, comparando-se com a amostra de solo natural, os solos com adições de resíduo de Poli (Tereftalato de Etileno) necessitam de uma maior quantidade de água para garantir sua trabalhabilidade.

O solo demonstrou um aumento significativo quando adicionado resíduo de PET. Observou-se que o acréscimo de resistência foi proporcional aos teores de adição, ou seja, quanto maior o teor de adição, maior a resistência a compressão. Dessa forma, conclui-se que a adição de resíduo de PET conferiu ao solo um ganho de resistência a compressão.

O solo apresentou desde seu estado inicial, excelentes resultados em relação a expansão. Solos com teores semelhantes podem ser utilizados para fins de pavimentação, por possuírem expansão menor que 1%. Após a adição de resíduo de PET, o solo demonstrou melhores resultados para os teores de 5 e 7% de adição, sendo suas expansões menores que as do solo sem adição. Entretanto, para o teor de 10% de adição, identificou-se um aumento de expansão, quando comparado ao solo natural, mesmo assim, o teor de 10% também obteve um ótimo resultado.

A partir dos resultados obtidos através do ensaio de ISC, pode-se afirmar que os solos com adição indicaram resultados satisfatórios, em comparação com a amostra sem adição, pois apresentaram um acréscimo maior que 100% nos valores de ISC's finais.

Pode-se concluir que a incorporação de resíduo de Poli (Tereftalato de Etileno) – PET no solo contribuiu para o melhoramento de suas características físicas e mecânicas, sobretudo, quanto a capacidade de suportar cargas. Além disso, diminuiu os impactos ambientais que seriam gerados pelo descarte inadequado do PET, tornando-se uma alternativa viável para utilização na engenharia geotécnica.

Referências Bibliográficas

- ABIPET. Associação Brasileira de Indústria de PET. Décimo Censo da Reciclagem de PET no Brasil. 2016. 12p.
- CASTILHO, T. W. L. Resistência ao cisalhamento de solos com fibras de politereftalato de etileno reciclado. 105f. Dissertação (Mestrado). Curso de Engenharia Civil. Universidade Estadual Paulista. Bauru, 2017.
- EHRIG, R. J. *Plastics Recycling- Products and Processes*, New York, N. Y.: Hanser Publishers, 1992.
- GHAZI, Y.; CASAGRANDE, M. da T.; LOUZADA, N. dos S. L. Aplicabilidade de novos materiais geotécnicos visando o reforço de solos: estudo experimental de bentonita reforçada com resíduo de PET triturado. 2015. Disponível em: <http://www.puc-rio.br/pibic/relatorio_resumo2015/relatorios_pdf/ctc/CIV/CIV-Yasmine_Ghazi.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2018.
- KUMAR, M.; MOHANTY, S.; NAYAK, S. K.; PARVAIZ, M. R. Effect of glycidyl methacrylate (GMA) on the thermal, mechanical and morphological property of biodegradable PLA/PBAT blend and its nanocomposites. *Bioresource Technology*, v.101, n.21, 2010.
- MANO, E. B. *Introdução a polímeros*. 1. ed. São Paulo, S.P. Edgard Blücher, 1999.

- PATRICIO, J. D. Estudo de solos modificados por adição de polímeros para uso em pavimentos rodoviários. 127f. Dissertação (Mestrado). Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2015.
- PELISSER, F.; MONTEDO, O. R. K.; GLEIZE, P. J. P.; ROMAN, H. R. Mechanical properties of recycled PET fibers in concrete. *Materials Research*, v.15, n.4, p.1-9, 2012.
- SILVA, V. V. P. da. Análise comparativa entre solos com adição de resíduo de Poli (Tereftalato de Etileno) - PET e de Cimento Portland. 83f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Centro Universitário do Vale do Ipojuca. Caruaru, 2016.
- SOUSA, M.; GARDETE, D.; LUZIA, R. Utilização de resíduos de plástico no melhoramento de solos para aterros rodoviários. In: Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia, 8, 2017, Maputo. *Anais...Maputo*, 2017. p.715-722.
- SPINACÉ, M. A. DA S.; PAOLI, M. A. DE. A tecnologia da reciclagem de polímeros. *Quim. Nova*, v.28, n.1, p.65-72, 2004.

QUALIDADE DO AR E RISCOS AMBIENTAIS NA INDÚSTRIA MOVELEIRA DE PEQUENO PORTE**¹Isabela Bruna de Tavares Machado Bolonhesi****²Joseane Debora Peruço Theodoro**¹Professora do Magistério Superior, UTFPR, Campus Londrina, ibtmachado@gmail.com²Professora Adjunta UTFPR, Campus Londrina, joseaneph@hotmail.com**Introdução**

O desenvolvimento tecnológico e industrial no trabalho proporcionou benefícios e conforto para o homem. No entanto, o progresso não trouxe apenas vantagens, mas também expôs os trabalhadores a agentes potencialmente nocivos que, em determinadas condições, podem provocar doenças ocupacionais decorrentes das condições de trabalho (CIRIBELLI & SILVA, 2011).

Em ambientes industriais podem ser observados diversas fontes de riscos à saúde do trabalhador, que são inclusive, relacionados à qualidade do ar interno. Dependendo do grau de exposição, gases e produtos químicos podem penetrar no organismo de um trabalhador pela via respiratória ou endêmica, devido à natureza da atividade, exposição ou ingestão (CUNHA et al., 2009). Os riscos também podem ser potencializados de acordo com a temperatura do ambiente, ruídos característicos do processo produtivo e outros parâmetros.

As legislações correspondentes à saúde e segurança ocupacional são as Normas Regulamentadoras (NR) do Ministério do Trabalho, tais como a NR 6, que dispõe sobre o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), a NR 9 que estabelece a obrigatoriedade da elaboração e implementação do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), visando a preservação de saúde e de integridade dos trabalhadores, a NR 15, que recomenda os limites de exposição aos agentes químicos e ruído, e a ANVISA 09, que estabelece Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em Ambientes Climatizados Artificialmente de Uso Público e Coletivo.

Risco ambiental é definido como qualquer possibilidade de que algum elemento ou situação quando presentes no ambiente laboral ou mesmo no processo de trabalho, possam causar danos à saúde, seja por doença, acidente ou mesmo por sofrimento ao trabalhador, ou ainda poluição ambiental (SILVA & LIMA, 2012). Estes, algumas vezes, ocorrem de maneira abrupta, o que pode comprometer a integridade física e mental do trabalhador.

De acordo com a NR 9 (BRASIL, 1978), são considerados riscos ambientais os agentes físicos, químicos, biológicos e ergonômicos existentes no ambiente de trabalho que, em função de sua natureza, concentração ou intensidade e tempos de exposição, são capazes de causar danos à saúde do trabalhador. Dessa forma, podem ser classificados como:

a) Agentes Físicos – todas as formas de energia a que possam estar expostos os trabalhadores, tais como ruído, vibrações, pressões anormais, temperaturas extremas, radiações ionizantes e não ionizantes, bem como o infrassom e ultrassom.

b) Agentes Químicos – todas as substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo pela via respiratória em forma de poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases ou vapores, ou que, pela natureza da atividade de exposição possam ter contato ou serem absorvidas pelo organismo através da pele ou por ingestão.

c) Agentes Biológicos – microrganismos tais como bactérias, fungos, bacilos, parasitas, protozoários, vírus, entre outros.

Em relação as normas e legislações que estabelecem padrões de minimização dos riscos aos trabalhadores, as pequenas empresas apresentam maiores dificuldades em segui-las devido aos recursos escassos disponíveis, como taxa de juros elevadas, restrito acesso ao crédito e deficiência de demanda agregada. Dessa forma, como estratégia de sobrevivência, uma parcela do setor descumpre algumas obrigações legislativas, inclusive no setor trabalhista (MACHADO & BORBA, 2015).

De acordo com o SEBRAE (2011), os empresários das micro e pequenas empresas (MPE) convivem com dificuldades cotidianas que acentuam a precarização da prestação laboral e constituem um obstáculo para a melhoria das condições de segurança e saúde no trabalho. Dentre essas dificuldades pode-se destacar:

a) ausência de racionalização dos programas de segurança e saúde do trabalhador (SST), ou seja, não há uma simplificação nos diversos programas que leve em consideração as peculiaridades das MPE; a inexistência de um sistema de financiamento para aquisição de máquinas novas e protegidas ou para a instalação de dispositivos de proteção em máquinas usadas;

b) a falta de conhecimento técnico para implementação de melhorias no processo produtivo que conduzam a melhores condições de trabalho, além das medidas individuais e coletivas de proteção dos trabalhadores;

c) dificuldades na contratação de assessorias técnicas em Saúde e Segurança do Trabalho (SST), visando a correta elaboração, implementação e acompanhamento dos programas de gestão de SST, face ao alto custo dos serviços prestados pelas empresas de assessoramento ou para a realização de alguns serviços necessários à melhoria dos ambientes de trabalho; e

d) dificuldades na obtenção de orientação quanto ao fiel cumprimento da legislação trabalhista e previdenciária.

Portanto, para as micro e pequenas empresas há uma deficiência quanto ao atendimento das normas em segurança e saúde no trabalho (SST). De acordo com Bull et al. (2002), a abordagem à gestão em SST na Pequena Empresa (PE) não é sistemática, a definição de problemas a resolver é feita de maneira arbitrária e a PE tende a utilizar medidas de controle pouco elaboradas. Algumas empresas gerenciam a atenção à saúde ocupacional somente direcionando ações em segurança, como o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), que acabam não sendo utilizados de forma adequada e os trabalhadores permanecem expostos aos riscos ambientais.

Fatores como a alta rotação de motores, as vibrações dos componentes, a falta de manutenção das máquinas e equipamentos, ausência de elementos que absorvam impactos, máquinas e equipamentos como serra circular, serra de fita, seccionadora automática, furadeira, lixadeira, grampeador, que são característicos de indústrias de fabricação de móveis podem expor os trabalhadores aos riscos ambientais (CIRIBELI & SILVA, 2012), tais como ruído, dispersão de material particulado, concentração de gases no ambiente interno, além de riscos ergonômicos.

Em relação a gases em ambientes internos, o CO₂ é originado a partir da queima de combustíveis fósseis e do metabolismo humano (respiração), dessa forma é um parâmetro de análise importante quanto à saúde do trabalhador, sobretudo em relação à insalubridade, uma vez que em ambientes fechados com elevada concentração de pessoas haverá ação metabólica, produção de CO₂ e, portanto, requer troca de ar e ventilação adequada (RODRIGUES et al., 2006).

Sendo o setor de madeira e móveis um dos principais segmentos econômicos do Brasil, o polo moveleiro de Arapongas-PR constitui o maior polo moveleiro do país (SIMA, 2015), envolvendo as cidades de Rolândia, Apucarana, Sabáudia e Cambé. Uma de suas principais características é sua composição por pequenas indústrias familiares que apresentam dificuldades de gestão ambiental e de cumprir com as normativas de Segurança e Saúde de Trabalho (SST).

Dessa forma, sendo a indústria moveleira um importante segmento econômico no país, o objetivo deste trabalho é analisar os riscos ambientais presentes em uma indústria de pequeno porte da cidade de Cambé-PR, utilizando como parâmetros de referência: luminosidade, ruído, umidade, temperatura, dióxido de carbono e material particulado.

Materiais e Métodos

Foram realizadas cinco visitas semanais a uma indústria moveleira de pequeno porte localizada na cidade de Cambé –PR, nos meses de agosto e setembro de 2017, com a finalidade de monitorar os riscos ambientais aos quais os funcionários estariam submetidos. Em todas as visitas realizaram-se medições dos parâmetros de análise

Procedimentos de medição e coleta de dados

Para obtenção dos dados de riscos ambientais aos quais funcionários de uma indústria de móveis estão sujeitos, analisaram-se seis parâmetros: intensidade luminosa como risco ergonômico; ruído; temperatura e umidade; material particulado; dióxido de carbono CO₂ como riscos químicos e físicos. Os equipamentos utilizados para as medições estão descritos na Tabela 1 e identificados na Figura 1 (a, b, c e d).

Tabela 1. Equipamentos e parâmetros analisados

Parâmetros	Equipamento
Intensidade Luminosa	Luxímetro Digital - Marca Instrutherm LDR -225
Ruído	Decibelímetro digital – Marca ICEL Manaus DL -4020
CO ₂	Analizador de CO ₂ portátil – Marca HOMIS 269
Material particulado, temperatura e umidade	Analizador de partículas portátil – Marca Instrutherm CPT-100

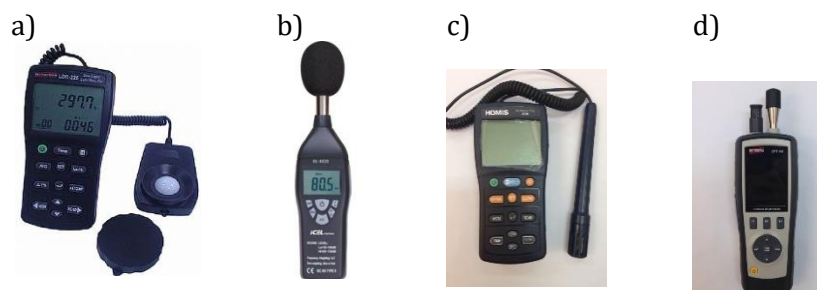


Figura 1. Equipamentos utilizados para medição de parâmetros: a) Luxímetro Digital; b) Decibelímetro digital; c) Analizador de CO₂ portátil; d) Analizador de partículas portátil.

Após a coleta das informações, realizou-se uma compilação dos dados obtidos por meio de cálculos matemáticos utilizando-se o Excel, para elaboração de gráficos de cada um dos parâmetros de amostragem. Realizou-se uma comparação com a legislação e normativas específicas a fim de verificar se os limites estabelecidos por tais legislações foram respeitados, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2. Referências normativas para cada parâmetro analisado

Parâmetro	Norma/Referência	Limites permitidos
Luminosidade	NBR ISO 8995/2013 e NR 17	150-300 lux (serragem) 200-500 lux (plainagem, colagem, montagem) 500-750 lux (polimento fino)
Ruído	NR 15	Para ruídos contínuos e intermitentes 85 dBA para 8 horas 87 dBA para 6 horas 90 dBA para 4 horas
Temperatura	RE/ANVISA 09 NR 15	Verão 23 a 26°C; Inverno 20 a 22°C 20 e 23°C
Umidade	RE/ANVISA 09 NR 17	40 a 65% no verão e 35 a 65% no inverno Umidade relativa do ar não inferior a 40%.
Dióxido de carbono	RE/ANVISA 09 NR 15	1000 ppm no ambiente interno 3900 ppm para 48 horas

Fonte: Adaptado de NBR (2013); NR (1978); ANVISA (2003); RE (2003).

A resolução nº041 da Secretaria de Meio Ambiente do Paraná (SEMA, 2002) define critérios para o controle da qualidade do ar, entre esses as partículas inaláveis declarando níveis de alerta a qualidade do ar para a saúde da população. Entre esses, cita-se o nível de atenção alerta e emergência quando, prevendo-se a manutenção das emissões, bem como as condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes nas 24 (vinte e quatro) horas subsequentes, for atingida uma ou mais das condições a seguir enumeradas na Tabela 3.

Tabela 3. Limites de partículas inaláveis para os níveis estabelecidos na resolução 041 SEMA

Nível de Atenção	Média de 24 (vinte e quatro) horas, de 250 (duzentos e cinquenta) microgramas por metro cúbico
Nível de Alerta	Média de 24 (vinte e quatro) horas, de 420 (quatrocentos e vinte) microgramas por metro cúbico
Nível de Emergência	Média de 24 (vinte e quatro) horas, de 500 (quinhentos) microgramas por metro cúbico

A Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda os limites para médias de $MP_{2,5}$ o valor de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e para MP_{10} o valor de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em ambientes abertos enquanto a RE/ANVISA Nº 9 estipula como valor máximo recomendável para material articulado total (MPT) o valor de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. No entanto, não há normativa adequada para a indústria em questão, uma vez que a RE/ANVISA Nº 9 faz referências a ambientes climatizados artificialmente, e neste caso, a indústria possui troca de ar e circulação de ar natural, e a OMS determina para ambientes generalizados.

Dessa forma, os materiais particulados não foram comparados com legislação, uma vez que não há valores indicados pela legislação pertinentes a amostragem realizada neste trabalho.

O conforto nos ambientes de trabalho brasileiro é definido pela NR 17 - Ergonomia da Portaria nº 3.214/78 - MTE (BRASIL, 1978). O item 17.5.2 da NR 17 recomenda, para locais de trabalho onde são executadas atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constante, as seguintes condições de conforto:

- a) Índice de temperatura efetiva entre 20 e 23°C;
- b) Velocidade do ar não superior a $0,75 \text{m.s}^{-1}$;
- c) Umidade relativa do ar não inferior a 40%.

Sabe-se que a umidade e a velocidade do ar no ambiente de trabalho alteram as intensidades de temperatura, mas a norma brasileira que trata sobre a exposição ocupacional ao calor, a NR 15 (BRASIL, 1978), analisa valores de IBUTG e do metabolismo do trabalhador para a caracterização de ambientes insalubres. Dessa forma, para melhor compreensão dos efeitos da temperatura em relação à saúde do trabalhador, realizou-se o cálculo do Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo -IBUTG para ambientes internos sem carga solar para a indústria analisada. A NR 15 (BRASIL, 1978), em seu Anexo 3 (Limites de Exposição ao calor), indica a Equação 1 para cálculo de IBUTG.

$$IBUTG = 0,7 TBN + 0,3 TG \quad (1)$$

Sendo: TBN - temperatura de bulbo úmido natural (°C); TG - a temperatura de globo (°C).

O limite estabelecido pela norma para trabalhos contínuos é de 30 IBTUG para atividades leves, até 26,7 IBTUG para atividades moderadas e até 25 IBTUG para atividades pesadas.

Local das medições e levantamento de documentação pertinente

Realizou-se a elaboração de um fluxograma de processo, por meio de levantamento do processo produtivo e informações de riscos do local, identificando-se os locais mais propensos aos riscos físicos, químicos e ergonômicos levantados.

Realizaram-se medições em dois setores separadamente e uma medição entre os dois setores. Sendo o setor de corte e polimento fino (seccionadora) e colagem (coladeira de borda), identificado como Setor 1 no fluxograma da Figura 2, e o outro o setor, o de corte e polimento grosso (serra circular/serra de esquadria) e furadeira, que foi denominado de Setor 2, confirme identificado na Figura 2. A etapa de montagem dos móveis intercala os dois ambientes. Assim, determinou-se que os parâmetros intensidade luminosa, ruído e CO_2 seriam analisados por setor, conforme identificado os locais específicos de medição por setor na Figura 2, enquanto as análises de temperatura, umidade e material particulado (obtidos a partir do mesmo equipamento) foram realizados considerando os dois setores de forma conjunta, ou seja, realizado no local de montagem da indústria, local em que se localizam também os filtros dos exaustores, portanto de maior concentração do material particulado conforme identificado no fluxograma.

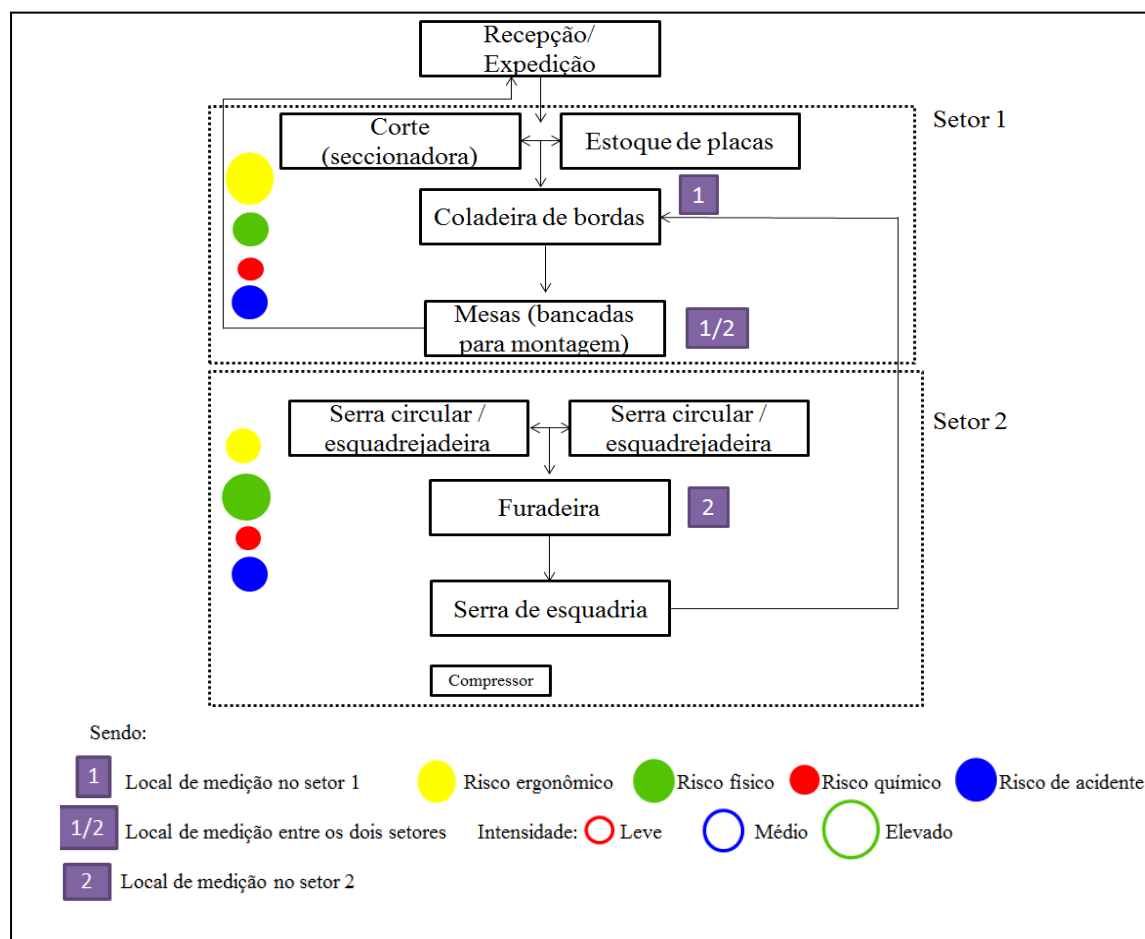


Figura 2. Fluxograma de processo produtivo e identificação dos riscos ambientais.

Em relação a documentação de segurança do trabalho, verificou-se inicialmente a disponibilidade de documentos referentes à segurança do trabalho, tais como Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional – PCMSO- estabelecido pela NR 7; Laudo Técnico das Condições do Ambiente de Trabalho – LTCAT – documento adotado pelo Instituto Nacional de Seguro Social e o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA, estabelecido pela NR9. Os documentos, apesar de existentes na indústria, estavam fora do prazo de validade, sendo, portanto uma não conformidade em relação à segurança do trabalhador e, portanto, não serviram como parâmetros para as análises realizadas neste trabalho.

Resultados e Discussão

Os resultados das medições realizadas estão dispostos sequencialmente nos itens a seguir. A identificação do fluxograma de processo e dos riscos ambientais está apresentada na Figura 2 da metodologia. Por ser uma indústria de pequeno porte, os setores estão próximos uns aos outros e não possuem estrutura física de separação.

Intensidade luminosa

As visitas para coleta dos dados amostrais foram realizadas no período de final de inverno e início de primavera, as condições climáticas foram predominantemente de sol. Como a empresa conta com iluminação natural e artificial verifica-se um padrão para todas as amostras (Figura 3).

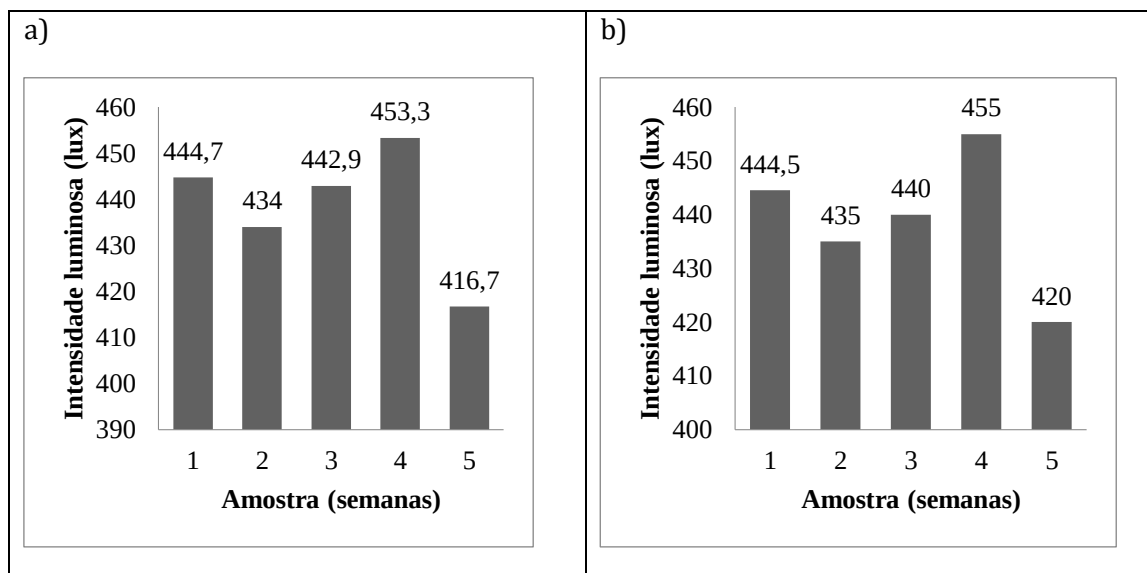


Figura 3. Gráfico de intensidade luminosa no ambiente interno da indústria: setor 1 e b) setor 2.

O parâmetro de intensidade luminosa se encaixa como um parâmetro de ergonomia. Verifica-se que os valores se mantiveram na faixa de 400 a 450 lux para ambos os setores, sendo na quinta amostra o valor mais inferior, devido à variação climática do momento, que constava parcialmente nublado. Comparativamente aos resultados, a NBR ISO/CIE 8995:2013, estabelece níveis de luminosidade exigidos para marcenaria e carpintaria (similaridade com indústria de móveis), cujos valores médios são de 150 a 300 lux para atividades como serragem e aparelhamento, e de 200 a 500 para dimensionamento, plainagem, lixamento grosso, aparelhamento semipreciso, colagem, folhamento e montagem, o que apresentou conformidade com as medições realizadas. Para polimento fino, a referida norma recomenda média é de 500 a 750 lux, e, portanto, identificou-se desacordo com as medições realizadas.

Não foi realizada comparação com a norma regulamentadora NR 17 - Ergonomia da Portaria nº 3.214/78 - MTE (BRASIL, 1978), pois essa especifica apenas que os ambientes internos de trabalho devem ter iluminação adequada, natural ou artificial e que a iluminação geral e suplementar deve ser projetada e instalada de forma a evitar ofuscamento e reflexos incômodos, sombras e contrastes excessivos, mas não apresenta valores limites.

Portanto, em relação à intensidade luminosa (Figura 3), verifica-se que está dentro dos limites previstos pela legislação, exceto para polimento fino. De acordo com Valentin (2016), para ambientes industriais em que se trabalha com barras de ferro e madeira uma solução possível seria a colocação de lâmpadas em altura mais elevada para contribuir no setor de polimento. De modo geral, o fato de a empresa dispor de iluminação artificial e natural contribui para condições ideais de trabalho quanto a esse parâmetro.

Ruído

Na indústria moveleira analisada diversos equipamentos utilizados provocam ruídos, os valores obtidos nas amostras constam na Figura 4.

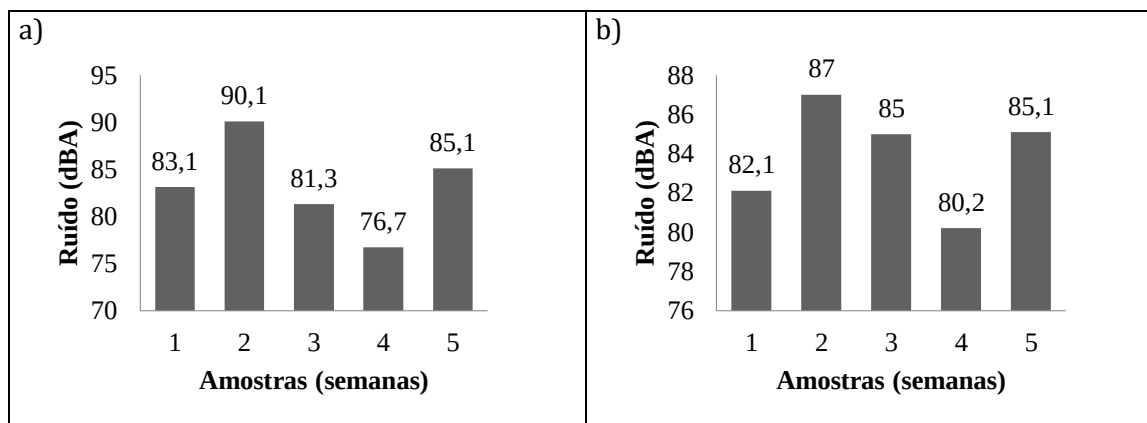


Figura 4. Gráfico de ruído: a) setor 1 e b) setor 2.

A variação de valores é correspondente ao processo produtivo da indústria, cujo funcionamento é por encomendas. Assim, ao longo das visitas realizadas, as máquinas e equipamentos em funcionamento não eram sempre os mesmos. Para o setor 1, verifica-se o maior valor de 90,1 dBA para a segunda visita realizada, que a seccionadora e serra circular estavam ligadas juntamente com todos os demais maquinários, enquanto na visita realizada para amostra 4 a seccionadora estava desligada.

A NR – 15 (BRASIL, 1978), em seu anexo I, estabelece valores limites para ruídos contínuos e intermitentes a partir de 85 dBA. Para as amostras 1,3 e 4, portanto, estão fora da classificação de ruídos, e não significam riscos para a saúde do trabalhador. Para a amostra 5, a exposição máxima permitida pela normativa é de 8 horas, o que coincide com o regime de trabalho da empresa. Para a amostra 2, em que todos os maquinários estavam ligados e obteve-se valor de 90,1 dBA é estabelecido que a máxima exposição diária permitida seja de 4 horas.

No setor 2, o maior valor foi de 87 dBA pelo mesmo motivo do setor 1, uma vez que a serra e a seccionadora estavam ligadas ao mesmo tempo, o limite máximo permitido é de 6 horas. No entanto, verifica-se que na visita 3 e 4 o ruído foi acima de 85, indicando o limite de exposição máxima permitida de 8 horas. Nesse setor está localizado o compressor, que apesar de não ter ruído constante, contribuiu para valores maiores em comparação ao setor 1.

De acordo com Rodrigues et al. (2006), estima-se que 15% da população exposta a ruído constante de 90 dBA, oito horas por dia, cinco dias por semana e 50 vezes no ano, apresentarão lesão auditiva após dez anos, sendo a forma de proteção mais eficiente a utilização dos protetores auriculares.

Nas visitas realizadas verificou-se o uso de Equipamentos de Proteção Individual pelos funcionários, tais como óculos de proteção, calçados adequados, luvas e protetores auriculares.

Umidade relativa e temperatura

Os valores obtidos para os parâmetros umidade relativa e temperatura constam na Figura 4.

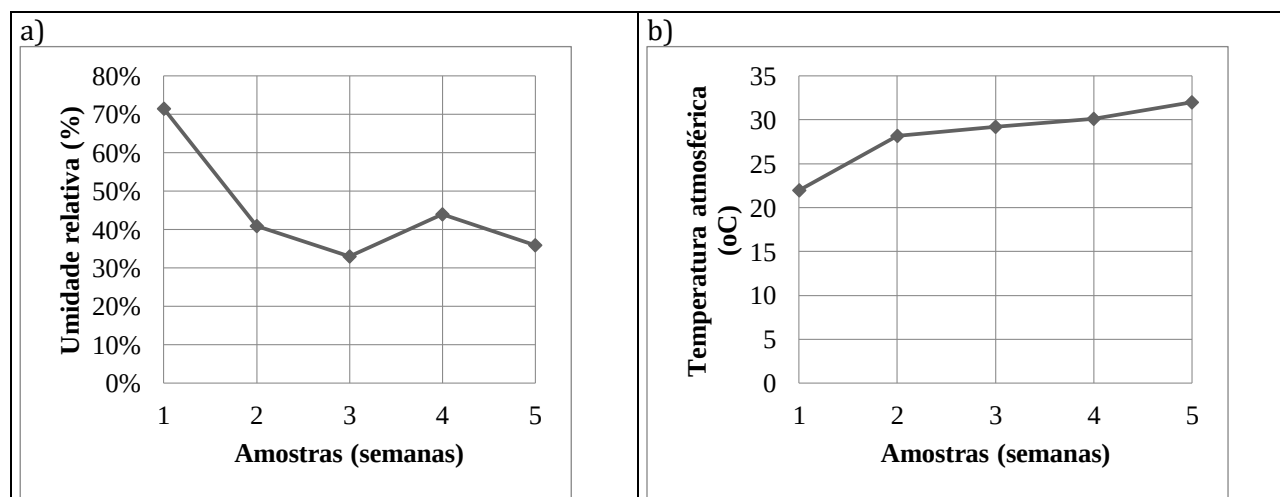


Figura 4. a) Umidade relativa do ar para indústria; b) Temperatura.

Verifica-se que o maior índice de umidade relativa foi para a amostra 1, em que a temperatura foi a menor registrada, de 22°C e as condições climáticas eram de nebulosidade parcial. A partir da amostra 2 a temperatura elevou-se entre 27 a 32°C, coincidindo com a redução da umidade relativa. Elevadas temperaturas ambientais podem fazer com que o organismo humano reaja de forma inadequada, diminuindo sua produtividade (SILVA & TEIXEIRA, 2014).

Nas medições das amostras 3 e 5 o índice de umidade ficou abaixo do limite determinado pela norma NR 17. O calor é um parâmetro de importância na análise de riscos ambientais. Quando o calor cedido pelo organismo ao meio ambiente é inferior ao recebido ou produzido pelo metabolismo total (metabolismo basal e metabolismo de trabalho), o organismo tende a aumentar sua temperatura (SILVA & TEIXEIRA, 2014).

A RE/ANVISA 9 (BRASIL, 2003) recomenda que a temperatura em um ambiente interno no verão esteja compreendida na faixa de 23 a 26°C, enquanto no inverno seja mantida entre 20 a 22°C. Para os níveis de umidade relativa do ar, devem estar entre 40 a 65% no verão e 35 a 65% no inverno. Quanto a essa normativa, verifica-se que a temperatura esteve no limite apenas para a primeira amostra, todas as demais ultrapassaram os limites para inverno. Em relação à umidade, os valores registrados na empresa não foram inferiores a 35%, com exceção para a amostra 3.

Os resultados dos valores do cálculo do IBTUG da empresa moveleira em análise estão representados na Tabela 4.

Tabela 4. Valores de IBTUG calculados para cada amostra

Amostra	IBTUG
Semana 1	19,48
Semana 2	22,6
Semana 3	22,27
Semana 4	24,01
Semana 5	25,21

O anexo 3 da NR 15 (BRASIL, 1978) determina os limites de exposição ao calor em função do índice IBTUG obtido acima de 30°C, de acordo com o regime de trabalho e o tipo de trabalho. Portanto, conforme verificado na Tabela 2, nenhuma das amostras analisadas superou 25,21°C não sendo classificada neste parâmetro como acima do limite permitido pela legislação.

Em relação ao conforto térmico, verificou-se que a indústria investe em ventiladores colocados em cada setor produtivo, bem como, conta com ventilação cruzada em seu ambiente interno. Construções projetadas para favorecer a ventilação provocam alívio no estresse térmico, contribuindo para condições térmicas ideais ao trabalhador (AHMED, 2003). Neste caso, apesar dos valores de IBTUG estarem de acordo, pela NR 15, as temperaturas obtidas foram acima do tolerado. Ressalta-se que no período de amostragem houve registro histórico de temperaturas elevadas para o período de inverno na região (IAPAR, 2017).

Dióxido de carbono (CO₂)

Para avaliação da concentração de gás carbônico, utilizou-se o Anexo 11 da NR 15 e a RE ANVISA 09, cujos limites encontram-se na Tabela 2. As medições de dióxido de carbono foram realizadas por setor, e correspondem aos dados da Figura 6.

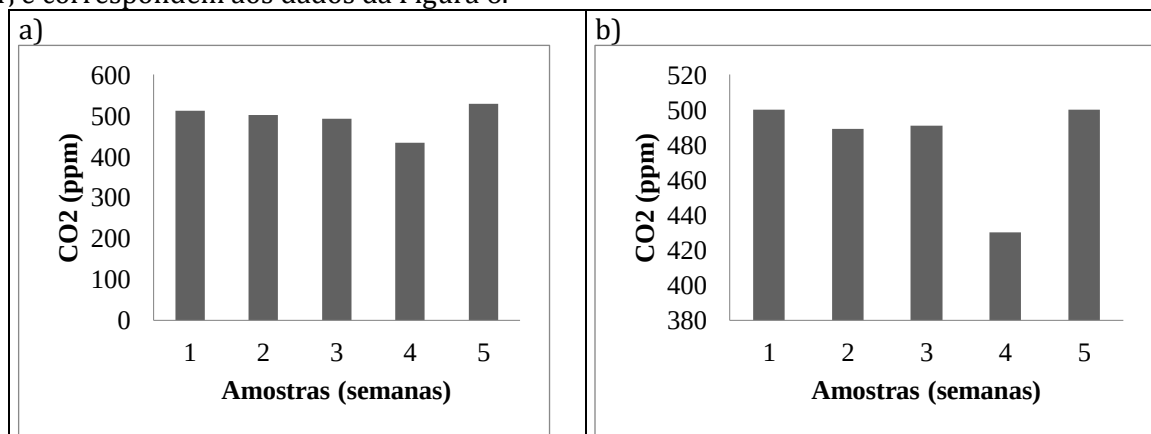


Figura 6. Gráfico de concentração de CO₂ (ppm): a) setor 1 e b) setor 2.

É importante ressaltar que a NR -15 (BRASIL, 1978), estabelece o CO₂ como um agente químico de insalubridade que ocorrerá por limite de tolerância e inspeção no local de trabalho, cujas concentrações a partir de 1500 ppm podem causar sonolência e queda na produtividade em ambientes internos. Comparativamente aos resultados obtidos (Figura 6), a concentração de CO₂ no setor 1 foi superior ao do setor 2 em pelo menos 10 partes por milhão (ppm) em cada amostra (Figura 6). No entanto, verifica-se que houve baixa variação da concentração mantendo-se em uma faixa de 400 – 500 ppm. A partir dos dados medidos na indústria moveleira, a exposição em 48h não seria superior ao limite da norma (3900 ppm).

A resolução RE-9 da ANVISA (BRASIL, 2003) estabelece Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em Ambientes Climatizados Artificialmente de Uso Público e Coletivo, e estabelece o valor de ≤ 1000 ppm a quantidade de CO₂ como indicador de renovação do ar recomendado para conforto e bem-estar, e, neste caso, para a referida indústria, encontra-se dentro do limite estabelecido. Conforme informado anteriormente, a empresa possui sistema de ventilação adequado e não dispõe de sistemas de queima, o que contribui para os baixos valores obtidos.

Embora os valores de CO₂ estejam abaixo do limite estabelecido pela normativa referente, ressalta-se a importância desse parâmetro uma vez que, segundo Kawamamoto (2011), alterações em seus níveis de concentração podem ser prejudiciais aos usuários do ambiente ao reduzir produtividade e poder causar acidentes, sobretudo no inverno e período chuvosos quando se costuma reduzir a circulação de ar em ambientes.

Material particulado

O parâmetro de material particulado pode ser analisado quanto ao risco à saúde do trabalhador, como representa poluição ao ar atmosférico. De acordo com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2001), os materiais particulados são aqueles poluentes constituídos de poeiras, fumaças e todo tipo de material sólido e líquido que se mantém suspenso na atmosfera, as principais fontes de emissão de particulado para a atmosfera são: veículos automotores, processos industriais, queima de biomassa, ressuspensão de poeira do solo, entre outros. O material particulado pode também se formar na atmosfera a partir de gases como dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (COVs), que são emitidos principalmente em atividades de combustão, transformando-se em partículas como resultado de reações químicas no ar.

O tamanho das partículas está diretamente associado ao seu potencial para causar problemas à saúde, sendo que quanto menores maiores os efeitos provocados. O particulado pode também reduzir a visibilidade na atmosfera. Dentre as classificações de material particulado as partículas inaláveis também chamadas de MP₁₀, estão relacionadas com a saúde do trabalhador, pois podem ser definidas de maneira simplificada como aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor que 10 µm. Podem ainda ser classificadas como partículas inaláveis finas – MP_{2,5} (<2,5µm) e partículas inaláveis grossas (2,5 a 10µm). As partículas finas, devido ao seu tamanho diminuto, podem atingir os alvéolos pulmonares, já as grossas ficam retidas na parte superior do sistema respiratório (CETESB, 2001). Conforme mencionado no item metodologia, os materiais particulados não foram comparados com legislação, devido a inexistência de valores indicados pela legislação para a amostragem realizada neste trabalho.

A Figura 7 apresenta a frequência de partículas inaláveis de 0,3 a 10 µm/ft³ em porcentagem para cada amostra realizada.

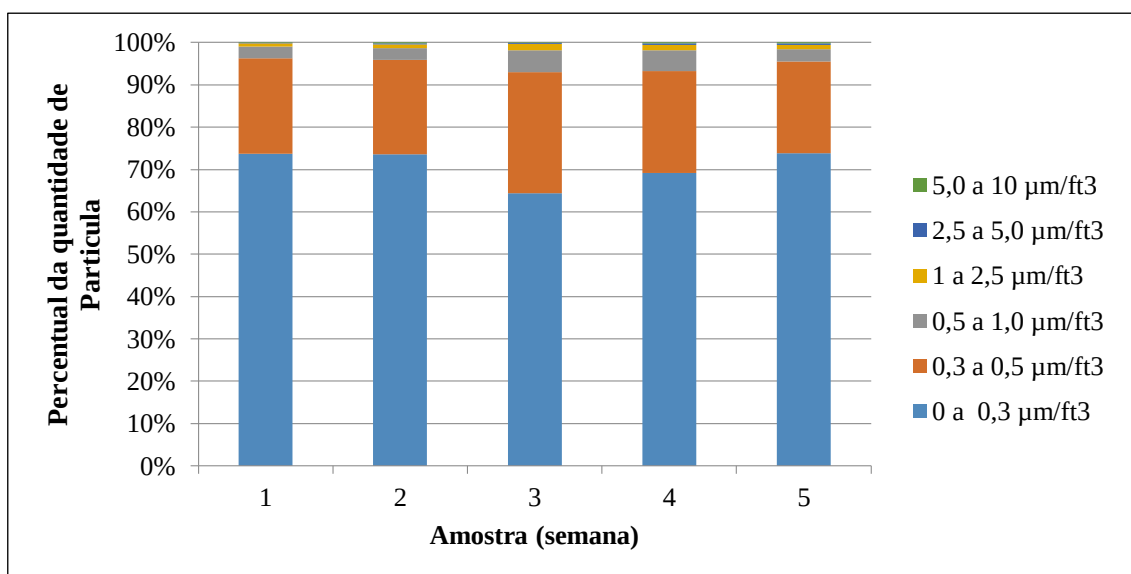


Figura 7. Frequência de partículas inaláveis (%) por amostra.

Verifica-se que há maior presença de partículas menores de $0,3\mu\text{m}/\text{ft}^3$ em todas as amostras. Nota-se que para as amostras 1, 2 e 5 a concentração de partículas menores de $0,3\mu\text{m}/\text{ft}^3$ superou 70% em relação aos demais tamanhos, isso ocorre, sobretudo, devido ao polimento fino realizado na indústria.

De acordo com Valarini (2011), o material particulado na indústria moveleira é essencialmente constituído por poeira de madeira, a matéria-prima desse processo produtivo. Entretanto, sabe-se que na colagem da borda há presença de vapores orgânicos e durante a varrição dos setores o material particulado pode ser disperso novamente, com nova composição, por exemplo, contendo microrganismos (SHIMER et al., 2002). Dessa forma, para o presente estudo, a maior frequência obtida foi para tamanhos até $0,3\mu\text{m}/\text{ft}^3$, a variação de contaminantes possível pode ser entre metais (Al, Si, Zn), carbono orgânico ou elementar, microrganismos como bactérias e fungos capazes de causar danos respiratórios aos trabalhadores (AZEVEDO et al., 2011).

A Tabela 5 apresenta uma síntese dos parâmetros analisados na indústria.

Tabela 5. Síntese dos parâmetros analisados no ambiente

Parâmetro	Avaliação geral	Norma/Referência	Observações
Luminosidade	Adequado	NBR ISO 8995/2013 e NR 17	Não há normativa específica para o caso, mas de modo geral está adequado
Ruído	Adequado	NR 15	Máximo Valor obtido de 87dBA, mas ainda dentro dos limites estabelecidos
Temperatura	Inadequado pela RE/ANVISA 09 Adequado pela NR 15	RE/ANVISA 09 NR 15	Acima do permitido pela norma (ambiente climatizado) IBTUG dentro do limite
Umidade	Adequado pela RE/ANVISA 09 Inadequado para NR 17	RE/ANVISA 09 NR 17	Fora no limite da NR 17 em duas amostras
Dióxido de carbono	Adequado	RE/ANVISA 09 NR 15	Valor muito abaixo do limite estabelecido pela norma

Em relação ao ruído, Silva (2016) obteve resultados semelhantes ao deste trabalho, com média de 86 dBA para o ruído analisado em uma indústria de móveis em Cruzeiro do Sul -AC. Girardi e Sellitto (2011), realizaram a análise desse fator em uma indústria moveleira da serra gaúcha, e constataram

valores excessivos, com média de 95,1 dBA. Filipe et al. (2014) analisaram o ruído em 14 fábricas de móveis no sul de Minas Gerais, e constataram que na jornada de 8 horas de trabalho ocorreu uma variação de 66 dBA a 117 dBA, apresentando valores superiores aos estabelecidos pela NR 15. Stahlhofer (2016) estudou riscos ergonômicos em uma indústria moveleira de pequeno porte em Pato Branco -PR, e obteve média de ruído acima de 85 dBA, em alguns setores da empresa. Apesar da média superior a encontrada neste trabalho, conforme os autores relataram (GIRARDI & SELLITO, 2001; FILIPE et al., 2014), em ambientes industriais esses resultados não devem ser definitivos, mas faz-se necessário programas de monitoramento ambiental regular, uma vez que os valores podem sofrer modificações com o tempo e com o processo produtivo.

Silva (2016) verificou valores médios de temperatura de 30°C no ambiente interno de uma indústria moveleira, porém o autor não realizou o cálculo de IBTUG. Fiedler et al. (2010) analisou a temperatura em marcenarias no Espírito Santo, obtendo média do IBTUG de 26,6°C. Neste trabalho, embora a temperatura constar como não conforme é importante ressaltar que a norma da ANVISA é específica para ambientes climatizados artificialmente, o que não é o caso da indústria, e comparativamente, pelo índice IBTUG está dentro dos limites da NR-15. Assim como a umidade apresenta-se como abaixo do limite estabelecido pela NR-17, que determina 40% como o mínimo, mas dentro dos limites da RE/ANVISA 09.

Quanto a luminosidade, Fiedler et al. (2010) verificaram luminosidade abaixo do recomendado pela NR 17, devido a utilização da luz solar aliada à iluminação artificial, que intervém, sobretudo, nos equipamentos como tupa, lixadeira e desempenadeira, que requerem elevado grau de precisão dos movimentos. Assim como constatado neste trabalho, segundo Fiedler (1998), ressalta-se que a iluminação deve ser distribuída de forma uniforme, geral e difusa, evitando ofuscamento, reflexos incômodos e contrastes excessivos.

A projeção de partículas (material particulado) e gases são de difícil monitoramento para as empresas de pequeno porte, apesar de constantes em ambientes industriais como a de beneficiamento da madeira. Conforme observado por Eilert (2016), maquinários que realizam corte e lixamento devem estar equipados com coifa e equipamentos de recolhimento do material dispersado, bem como manter ventilação e arejamento adequado no local, afim de se evitar aglomeração de partículas e gases.

Dentre os aspectos analisados, podem-se sugerir medidas de melhoria. Quanto a temperatura, sugere-se aprimorar os sistemas de ventilação da empresa, por meio da instalação de mais ventiladores e aspersores de água nos setores que favorecem a ventilação cruzada. De acordo com Stahlhofer (2016), medidas simples como a realocação de ventiladores podem minimizar efeitos negativos de elevadas temperaturas nos ambientes internos industriais. Eilert (2016) recomenda a limpeza e manutenção dos maquinários para reduzir ruídos, dispersão de materiais e poeiras. Para evitar a dispersão de material particulado e, conseqüentemente, de agentes químicos e físicos no ambiente interno, sugere-se aumentar a eficiência dos exaustores principalmente na área de polimento fino, e uso de equipamentos de proteção individual como as máscaras de proteção das vias respiratórias. O treinamento dos funcionários para lidar com cada maquinário bem como a utilização adequada dos equipamentos de proteção é uma importante medida contra potenciais acidentes.

Portanto, o efetivo desenvolvimento da proteção coletiva também deve ser desenvolvido, conforme disposto na NR-6 de Equipamento de Proteção Individual, aliado ao fornecimento e manutenção adequados, treinamento e fiscalização do uso.

Conclusão

A indústria moveleira apresenta riscos de acidentes característicos ao seu ambiente industrial, conforme descrito neste trabalho. Os dados obtidos refletem a necessidade da adequação da legislação em relação ao contexto da exposição ocupacional dos trabalhadores de uma indústria de pequeno porte, para possibilitar um controle efetivo da exposição dos trabalhadores, de forma que sua saúde não seja comprometida.

De acordo com o objetivo proposto, verificou-se que apenas três parâmetros se apresentaram não conformes com a legislação. Os picos de ruídos não foram elevados acima do permitido pela NR15, a concentração de dióxido de carbono manteve-se abaixo do limite, indicando não acúmulo de pessoas nos setores e arejamento desses locais.

Para alterar esse paradigma de acidentes, fez-se necessário o mapeamento dos principais riscos da atividade, suas causas e principalmente, as tratativas adequadas que visem reduzir ou eliminar riscos de acidentes, conforme sugerido nos resultados. O uso de EPIs bem como o treinamento para a sua

correta utilização constitui uma medida simples de minimização dos impactos negativos resultantes de acidentes. Ressalta-se que o monitoramento contínuo proporciona melhorias na redução dos riscos e na prevenção de acidentes.

Referências

- AHMED, A. Z. Confort in urban spaces: defining the boudaries of outdoor thermal comfort for tropical urban environments. *Energy and Buildings*, v.35, p.103-110, 2003.
- AZEVEDO, D. C.; OLIVEIRA, D. S.; GUIMARÃES, H. M. B.; MARTINS R. S. L.; MACCHIORE, M.; SALDIVA, P. H. N.; Comparação dos efeitos do material particulado em suspensão (PTS) colhido em diferentes fontes emissoras de poluentes sobre a embriogênese em ovos de galinha. *J. Braz. Soc. Ecotoxicology*, v.1, p.53-63, 2006.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NBR ISO/CIE 8995 de 2013. Iluminação de Ambientes de Trabalho, Normas regulamentadoras de Segurança e Saúde no Trabalho. 2013.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 9, de 16 de janeiro de 2003. RE 9 – Padrões referenciais de qualidade do ar para ambientes internos e climatizados artificialmente para uso público e coletivo. ANVISA. 2003.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria GM nº3214, de 8 de junho de 1978. NR 6 – Equipamentos de Proteção Individual – EPI. Normas regulamentadoras de Segurança e Saúde no Trabalho. 1978.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº24, de 30 de dezembro de 1994. NR 7 – Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional. Normas regulamentadoras de Segurança e Saúde no Trabalho. 1994.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº25 de 29 de dezembro de 1994. NR 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. Normas regulamentadoras de Segurança e Saúde no Trabalho. 1994.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria GM nº3214 de 8 de junho de 1978. NR 15 – Atividades e Operações Insalubres. Normas regulamentadoras de Segurança e Saúde no Trabalho. 1978.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria GM nº3214 de 8 de junho de 1978. NR 17 – Ergonomia. Normas regulamentadoras de Segurança e Saúde no Trabalho. 1978.
- BULL, N.; RIISE, T.; MOEN, B. E. Work-related injuries and occupational health and safety factors in smaller enterprises – a prospective study. *Occup. Med.*, v.52, n.2, p.70-74, 2002.
- CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de Qualidade do Ar. São Paulo- SP, 2001. Disponível em: < <http://www.cetesb.br/>>.
- CUNHA, I. de A. da; BON, A. M. T.; MANTOVANI, O. C. (Org.). Relatório sobre avaliação da exposição a agentes ambientais em marmorarias no município de Joinville – Santa Catarina. FUNDACENTRO. Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. 2008.
- CIRIBELI, J. P.; SILVA, P. R. A segurança do trabalho nas empresas moveleiras da cidade de rodeiro. *Revista Gestão Empresarial*, v.1, n.2, p.63-75, 2011.
- EILERT, O. L. Aplicação da APR em equipamentos de beneficiar madeira. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Vale dos Sinos. São Leopoldo-RS, 2016.
- FIEDLER, N. C. et al. Avaliação da carga física de trabalho exigida em operações de colheita florestal. *Revista Árvore*, v.22, p.535-543, 1998.
- FIEDLER, N. C.; GUIMARÃES, P. P.; ALVES, T. R.; WANDERLEY, B. F. Avaliação ergonômica do ambiente de trabalho em marcenarias no Sul do Espírito Santo. *Revista Árvore*, v.34, n.5, p.907-915, 2010.
- FILIPPE, P. A.; SILVA, M. R. J.; TRUGILHO, F. P.; FIEDLER, C. N.; RABELO, F. G.; BOTREL, A. D.; Avaliação de ruídos em fábricas de móveis, *Rev. Cerne*, v.20, n.4, p.551-556, 2014.
- GIRARDI, G.; SELLITTO, A. M. Medição e reconhecimento do risco físico ruído em uma empresa da indústria moveleira da serra gaúcha. *Estudos Tecnológicos*, v.7, n.1, p.12-23, 2011.
- IAPAR. Instituto Agrônomo do Paraná. Banco de dados, 2017. Disponível em: <<http://www.iapar.br/>>.
- KAWAMAMOTO, S. M. Monitoramento ambiental e higiene ocupacional em uma indústria química da cidade de São Carlos-SP. 144p. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.
- MACHADO, I. B. T.; BORBA, C. M. S. A sustentabilidade como inovação na micro e pequena empresa. *Cadernos de Inovação Sebrae, Indústria*, v.3, n.3. 2015.
- RODRIGUES, G. A. M.; DEZAN, A. A.; MARCHIORI, M. L. L. Eficácia da escolha do protetor auditivo pequeno, médio e grande em programa de conservação auditiva. *Revista CEFAC*, p.543-547, 2006.

- SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas Anuário do trabalho na micro e pequena empresa 2010/2011. 2011. 206p.
- SHIMER, N. W.; CORTEZ, M. A.; KOZAK, A. P. Ventilação Industrial: uma ferramenta na gestão de resíduos atmosféricos em indústrias moveleiras –Estudo de Caso. Revista de Ciências Ambientais, v.2, n.1, p.15–28, 2008.
- SILVA, M. R. J.; TEIXEIRA, L. R.; Thermal overload in furnitury factory. Floresta e Ambiente, v.21, n.4, 2014.
- SILVA, S. I. Processo de produção de móveis: situação ergonômica da organização do trabalho em unidade produtora de móveis no pólo moveleiro do parque industrial de Cruzeiro do Sul-AC. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR, 2016.
- SIMA. Sindicato das Indústrias de Móveis de. Arapongas - O Maior Polo Moveleiro do País: Dados do Setor. 2015. Disponível em: <<http://www.sima.org.br/dadosdosetor.html>>.
- STAHLHOFER, M. E. Análise ergonômica em pequenas e médias empresas: estudo de caso em uma indústria moveleira. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campus Pato Branco, 2016.
- VALARINI, S. Caracterização do material particulado. Dissertação (Mestrado). Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas. Universidade de São Paulo, 2011.
- VALENTI, F. Análise ergonômica do trabalho no setor de metalurgia de uma indústria moveleira da grande Florianópolis. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, v.8, n.16, p.212-237, 2016.

UTILIZAÇÃO DA MATRIZ REDUZIDA DE LEOPOLD PARA AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NAS ÁGUAS DO RIO BACALHAU NO MUNICÍPIO DE NIQUELÂNDIA – GO, BRASIL

¹Maciel Amorim Alves

²Cássia Monalisa dos Santos Silva

¹Discente da Universidade Estadual de Goiás, Campus de Niquelândia, Programa de Pós-graduação em Planejamento e Gestão Ambiental, amorimalves.maciel@gmail.com

²Docente do da Universidade Estadual de Goiás, Campus Niquelândia, Programa de Pós-graduação em Planejamento e Gestão Ambiental, cassia.silva@ueg.br

Introdução

Desde os tempos remotos, a ocupação humana sempre priorizou locais próximos aos cursos d'água, seja, pela disponibilidade de água ou até mesmo, procura de terras mais férteis. Essa ocupação traz sérios impactos ambientais em todos os ecossistemas, desde o desmatamento até a poluição dos corpos hídricos (DA SILVA et al., 2008)

Com a crescente demanda de recursos hídricos, seja para o consumo humano ou até mesmo em processos industriais, o mundo tem sofrido com uma crise hídrica nunca antes vista. Além do consumo exagerado, existem outros fatores agravantes como a poluição dos corpos hídricos existentes, onde têm-se lançado resíduos industriais, esgotos e águas fluviais, lixos, etc.

De acordo com Lima (2001), a disponibilidade hídrica mundial gira em torno de 40.000 Km³/ano, deste montante somente 10% dessa água é captada dos rios e destinada para o consumo humano, e desse volume coletado apenas 50% é aproveitado e o restante volta para o corpo hídrico com a qualidade inferior à que foi captada.

O rio Bacalhau, é um dos rios mais relevantes da cidade Niquelandense, devido a sua extensão e por ser um exutório, ou seja, por se localizar em baixa altitude, se tornando assim, um ponto de convergência de escoamento dos outros corpos hídricos existentes no perímetro urbano da cidade. Desde o período da colonização e formação (há aproximadamente 283 anos) da cidade de Niquelândia, o rio Bacalhau sofre com os diversos tipos de ações antrópicas, extrativismo do ouro, despejo de esgotos, descartes de resíduos sólidos, lixo hospitalar, etc. (DA SILVA et al., 2008).

Contudo, esta pesquisa tem por objetivo identificar alguns dos impactos ambientais que o processo de ocupação urbana vem causando ao rio Bacalhau, bem como, avaliar a magnitude desses impactos e os danos causados à saúde pública.

Ocupação Urbana Desordenada

A ocupação urbana desordenada tem corroborado para o surgimento e o agravamento dos problemas ambientais. Segundo Nogueira et al. (2007), a cidade possui uma relação direta com a sociedade em seu conjunto, na sua composição e funcionamento, com seus elementos constituintes e com sua história. Esses elementos estão intrinsecamente ligados, qualquer alteração ou descontrole em alguma parte dessa relação da sociedade com os demais conjuntos ocorrerá um desequilíbrio da sinergia entre elas. De acordo com Minc (2002), a grande cidade é um organismo vivo muito doente. Ela drena recursos e populações, produz espaços congestionado e gera no rastro do êxodo, desertos demográficos – áreas decadentes e desarticuladas. Porém, contrapondo a perspectiva do autor, estes processos não se vinculam apenas as grandes cidades, nestas eles são potencializados. Nas médias e pequenas cidades, as relações sociedade x natureza estão comprometidas, essencialmente pela ausência do plano diretor eficiente e das políticas públicas abrangentes.

Conforme Soares et al. (2006), a ocupação urbana desordenada tem se tornado objeto de estudo com o intuito de correlacionar os impactos causados ao meio ambiente com essa ocupação, visto que um está inserido ao outro, não sendo possível tratá-los de forma distintas. Ainda segundo Soares et al. (2006), geralmente os estudos focam em grandes cidades e metrópoles, porém, esse problema encontra-se presentes nas pequenas e médias cidades, justamente pela ausência ou até mesmo a inexistência de um planejamento ambiental eficiente.

Neste contexto, a cidade de Niquelândia não foi diferente dos demais municípios, os primeiros habitantes da zona urbana se instalaram às margens do Rio Bacalhau e essa ocupação trouxe vários

impactos negativos a fauna, a flora e aos corpos hídricos situados na região. Como na maioria dos municípios, Niquelândia foi uma cidade que cresceu ao acaso, de forma não planejada, onde os primeiros habitantes vieram em busca de riquezas minerais e se instalaram as margens do rio Bacalhau (DA SILVA et al., 2008). Com o passar dos anos a cidade foi crescendo sem planejamento e infraestrutura, como consequências surgem as construções de casas às margens do rio e, como toda presença humana causa impactos ambientais, o rio Bacalhau vem sofrendo com desmatamento das matas ciliares, despejo de esgoto das residências e direcionamento das águas fluviais para o curso do rio (DA SILVA et al., 2008).

Rio Bacalhau

O crescimento desordenado das cidades junto com a falta de infraestrutura tem causado sérios danos aos ecossistemas, dentre eles a poluição/contaminação dos corpos hídricos, principalmente aqueles que margeiam as cidades. Como exemplo, destacam-se o rio Citarum (IRIANTO et al., 2006), localizado na Indonésia, considerado um dos mais poluídos do mundo; o lago Karachay (FERNANDES, 2015), localizado na Rússia; no Brasil tem-se o rio Tietê (BEVILACQUA, 1996) localizado no estado de São Paulo, o rio Salgadinho (SILVA et al., 2017), localizado em Maceió, em Recife o rio Capibaribe (TEIXEIRA et al., 2013) e em Natal o rio Potenji (DE MOURA et al., 2016) entre outros.

Essa realidade não está tão longe assim, na cidade de Niquelândia tem-se vários rios e córregos nessa mesma situação, como é o caso do Rio Bacalhau.

Padrões de Potabilidade da água

A água para o consumo humano deve ser livre de contaminantes químico, físico e/ou biológico. Como é sabido, todos têm direito a água potável e saneamento básico, porém, sabe-se que a realidade não é bem assim, a água para ser potável deve ser livre de bactérias indicadoras de contaminação fecal e não deve conter microrganismos patogênicos (FUNASA, 2013).

A portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece que sejam determinados, na água, para aferição de sua potabilidade, a presença de coliformes totais e termotolerantes de preferência *Escherichia coli* e a contagem de bactérias heterotróficas. A mesma portaria recomenda que a contagem padrão de bactérias não deve exceder a 500 Unidades Formadoras de Colônias por 1 mililitro de amostra (500/UFC/ml).

De acordo com a portaria nº 518/2004 do ministério da saúde, coliformes totais são aqueles que mesmo em presença de sais biliares conseguem se desenvolver ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeídos entre $35,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ em 24-48 horas, e que podem gerar atividades enzimáticas.

Coliformes termotolerantes segundo a portaria nº 518/2004 do ministério da saúde são um subgrupo das bactérias do grupo que fermentam a lactose a $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ em 24 horas, tendo como principal representante a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal tanto em fezes humanas, mamíferos e aves.

Segundo FUNASA (2014) a coleta de água é umas das etapas mais importantes do processo não podendo haver contaminação ou descaracterização das amostras. Uma coleta feita fora dos procedimentos leva a apresentar resultados falsos positivos/negativos.

Avaliação de Impacto Ambiental (AIA)

Os impactos ambientais são entendidos como quaisquer alterações no meio ambiente, que alteram as propriedades físicas, químicas, e/ou de ordem biológica, como extinção de espécies ou desmatamento. As causas desses impactos podem ter razões naturais, ou seja, são impactos provocados por algum fenômeno natural como a erupção de um vulcão ou a queda de um meteorito, mas grande parte desses impactos tem origem antrópica (SPADOTTO, 2002). O uso irracional das águas, o lançamento de dejetos/esgoto, o desmatamento das nascentes e mata ciliares tem causado grandes impactos ambientais nas massas de águas disponíveis. A poluição dos rios pode ser química, física e/ou biológicas.

Segundo Fogliatti (2004), os impactos ambientais são considerados qualquer tipo de alteração nas propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente. Ou seja, existe uma relação direta e indireta ligada a ação humana que pode afetar de forma positiva ou negativa os recursos naturais e a biodiversidade.

Conforme Moreira et al. (1985), entende-se por Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), um conjunto de procedimentos capaz de garantir uma avaliação preliminar dos impactos ambientais em

todas as etapas de um processo, oferecendo medidas mitigadoras e estabelecendo diretrizes adequadas ao público e aos responsáveis pelas tomadas de decisões sejam, órgãos públicos ou privados com objetivo de garantir a proteção ao meio ambiente. A avaliação de impacto é uma ferramenta importante no diagnóstico ambiental pois através dela é possível identificar, avaliar, mitigar, corrigir impactos que por ventura venha ou já tem ocorrido ou identificado. Pimentel et al. (1992) afirma que, a avaliação de impacto ambiental constitui-se num instrumento de avaliação prévia. Ainda conforme Pimentel et al. (1992) ela permite um conhecimento preliminar das condições em que se encontra o ambiente em estudo, proporcionando uma maior compreensão dos impactos positivos e negativos permitindo mitigar seus danos e aprimorar a eficácia das soluções. Dentro da avaliação de impacto ambiental temos o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impactos Ambientais (RIMA), onde ambos formam um conjunto, com o objetivo de avaliar os impactos ambientais produzidos por alguma atividade antrópica no meio ambiente.

Os métodos e as técnicas utilizadas na avaliação de impacto, são ferramentas que permitem uma melhor análise e avaliação dos impactos ambientais. Segundo (Pimentel et al., 1992) são mecanismo estruturado para coletar, analisar, comparar e organizar informações e dados sobre os impactos ambientais de uma proposta, incluindo os meios de comunicação para a apresentação escrita e visual dessas informações.

De acordo com Braga (2015) não existe um padrão para o desenvolvimento de um sistema de avaliação de impactos ambientais, visto que, cada um se baseia em valores diferentes no espaço e tempo. Com relação aos métodos já utilizados em outros países é possível desenvolver a ferramenta mais apropriada para cada (AIA). Segundo Bolea et al. (1977) pode se ter como base alguns métodos:

- Técnica descritiva – trata-se basicamente de informações qualitativas a respeito da localização, dos processos de operações, e das possíveis consequências positivas e negativas.
- Listagem de controle – esse é o método mais antigo do AIA, consiste basicamente numa listagem de efeitos ambientais a ser considerados e checados, podendo ser de abordagem mais simples ou mais aprofundada dos efeitos.
- Superposições de cartas – esse método constituído basicamente pelo uso cartas e mapas com efeito comparativo, porém ele é limitado pois não evidenciam incertezas e nem prevê impactos.
- Métodos quantitativos – é um método que atribui valores numéricos para cada efeito ambiental, permitindo quantificar e fornecer informações matemáticas adequadas para cada índice de impacto ambiental.
- Matrizes – é basicamente constituída por duas listagens de controle e promove a integração das duas. Nas listas verticais tem-se as características da situação ambiental existente e na horizontal as características do projeto proposto, com isso, os dados são cruzados para identificar as causas e efeitos, e as junções representam relação positiva e negativa do impacto gerado.

Material e Métodos

Niquelândia é um município brasileiro do estado de Goiás localizado na mesorregião do Norte Goiano é o maior território do estado de Goiás com 9.843,247 km² de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016). Apresenta flora e fauna diversificada, sendo compreendida pela bacia hidrográfica do Tocantins, com mais de 100 mananciais e grandes rios tais como, o rio Traíras e Maranhão, além de abrigar o maior Lago artificial do Brasil, o lago Serra da Mesa, e conta ainda com algumas lagoas, grutas e cachoeiras que demonstra o potencial turístico do município.

De acordo com o IBGE (2016), a economia do município é voltada basicamente para mineração com a produção de níquel, sendo o maior produtor do estado de Goiás e um dos maiores do mundo, onde duas mineradoras são responsáveis por essa produção, a mineradora Anglo American e CBA (antiga Votoratim Metais).

O clima da cidade de Niquelândia, conforme a classificação de Köppen Geiger, enquadra-se no tipo Aw, característico dos climas úmidos tropicais, com duas estações bem definidas: seca, no inverno, iniciando no mês de maio, estendendo-se até o fim de agosto, e úmida no verão, que tem início em outubro indo até o mês de março, com transições, nas proximidades dos períodos que estão findando, com uma temperatura média anual de 28°C. Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2004) é uma região que apresenta grandes estruturas de natureza vulcano-sedimentar, constituindo verdadeiros maciços montanhosos, com alinhamentos na direção sul-norte, que vão desde as proximidades da cidade de Ceres até a cidade de Minaçu, na região Centro-norte do Estado de Goiás.

Em relação a vegetação apresenta a Savana Arbórea Aberta sem mata de Galeria e da Savana Arbórea Densa.

De acordo com a classificação da EMBRAPA (2004) na região do município de Niquelândia predominam solos do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo, não hidromórficos com horizonte B latossólico, apresentando relação molecular Ki baixa, inferior a 1,9, de coloração variando de vermelho ao amarelo e gamas intermediárias. São normalmente muito profundos, com sequência de horizontes A, B e C e com transições entre os sub-horizontes difusos e graduais, acentuadamente à bem drenados. Em sua maior parte, estes solos da área são álicos, ou seja, com percentagem de saturação de alumínio superior a 50%, atingindo até valores próximos a 95%. Apresentam textura média e relevo plano, ondulado.

O município Niquelandense encontra-se inserido em uma microrregião avaliada como de extrema importância biológica, a qual é recomendada o manejo intensivo da biodiversidade, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2004). A região apresenta ligações com outras importantes áreas como o Vale do Paranã e o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros compondo um conjunto de áreas prioritárias que guardam a maior parte dos remanescentes de Cerrado. Conforme Klink et al. (2005) e Boularg (2002), o Cerrado é considerado um dos *hotspots* para a conservação da biodiversidade mundial. O Cerrado brasileiro ocupa 21% do território nacional, e, é apontado como a última fronteira agrícola do planeta.

Considerando que este bioma tem sido altamente ameaçado por processos antrópicos é necessário o desenvolvimento de estratégias de monitoramento e conservação de sua biodiversidade. Aproximadamente 2 milhões de km² originais do Cerrado foram modificados em pastagem, culturas anuais e outros tipos de uso (KLINK et al., 2005). De acordo com Ferreira et al. (2009) as pastagens cobrem cerca de 500.000 Km², as monoculturas aproximadamente 100.000km², especialmente com a monocultura do cultivo da soja.

Na Figura 1, observa-se a localização do rio Bacalhau em estudo neste trabalho.

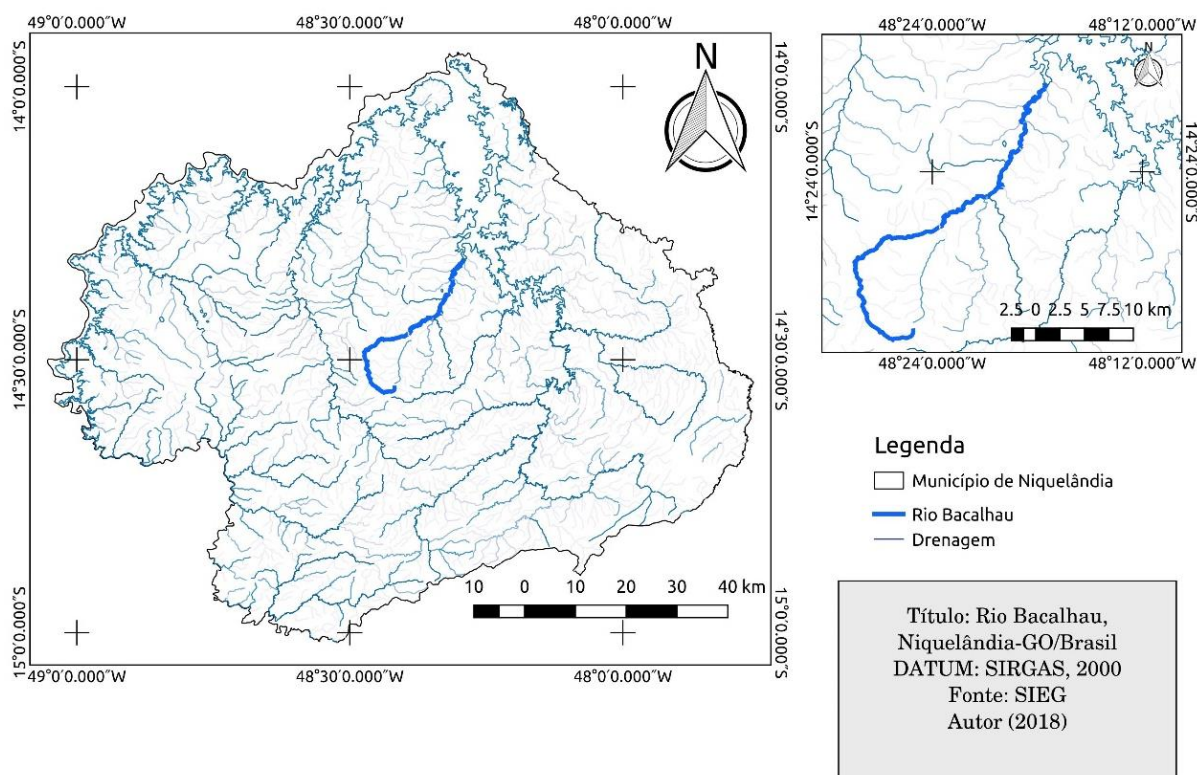


Figura 1. Mapa de localização do rio Bacalhau.

Nesta pesquisa, a ferramenta utilizada para a avaliação de impacto ambiental foi a matriz de Leopold na qual pertence a um grupo chamado de causa-efeito. A mesma permite adaptações para cada realidade estudada (Tabela 1).

Tabela 1. Matriz para avaliação de Impactos Ambientais

		CARACTERIZAÇÃO DOS IMPACTOS														DITAME				VALORAÇÃO			MAGNITUDE				
		Positivo	Negativo	Direto	Indireto	Com acumulação	Sem acumulação	Temporário	Permanente	Localizado	Extenso	Recuperável	Irrecuperável	Reversível	Irreversível	Afeta recursos protegidos	Não afeta recursos protegidos	Exige medidas corretivas	Não exige medidas corretivas	Admissível	Não admissível	Moderado	Severo	Crítico	Baixo	Médio	Alto
SOLO	Alterações do solo																										
	Produção agrícola																										
	Destruição da cobertura vegetal																										
ÁGUA	Hidrografia																										
	Qualidade das águas																										
	Ciclo hidrológico																										
FLORA	Mata ciliar																										
	Arbustos																										
	Vegetação do cerrado																										
	Campos agrícolas																										
FAUNA	Fauna aquática																										
	Aves																										
	Mamíferos																										
	Invertebrados																										
	Gado																										
SOCIOECÔNOMICO	Patrimônio cultural																										
	População																										
	Economia local																										
	Saneamento																										

Fonte: Adaptado de Silva (2018).

Os equipamentos utilizados para as análises foram calibrados e verificados diariamente com o intuito de atender os padrões de proficiência das normas vigentes, bem como, os técnicos responsáveis por essas coletas e análises, possuem treinamento e também registro nos conselhos de suas categorias. Essas análises foram realizadas em parcerias com os laboratórios das mineradoras de Niquelândia e Barro Alto, além da prefeitura municipal de Niquelândia. É importante ressaltar que o objeto de estudo se trata de água bruta e por isso se enquadra na resolução do CONAMA nº 357/2005. Outra observação importante é que as coletas das amostras foram realizadas durante o período chuvoso.

As análises microbiológicas das amostras A e B foram realizadas através do laboratório de saúde pública Dr. Giovanni Cysneiros em parceria com a vigilância sanitária municipal de Niquelândia Goiás. Observe os parâmetros de potabilidade da água (Figura 2).

Parâmetro	VMP
Água para consumo humano	
Escherichia coli ou coliformes termotolerantes	Ausência em 100 ml
Água na saída do tratamento	
Escherichia coli ou coliformes termotolerantes	Ausência em 100 ml
Água tratada no sistema de distribuição (reservatório e rede)	
Escherichia coli ou coliformes termotolerantes	Ausência em 100 ml
Coliformes totais	Sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês : Ausência em 100ml em 95% das amostras examinadas no mês. Sistemas que analisam menos de 40 amostras por mês: Apenas uma amostra poderá apresentar mensalmente resultado positivo em 100 ml.

Figura 2. Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano.

Fonte: Adaptado da Portaria nº 2.914, de 12 dezembro de 2011.

Segundo a resolução do CONAMA nº 357/2005, as águas doces podem ter diversas destinações de uso, a dessedentação, irrigação de hortaliças e até mesmo para lazer, algumas necessitam de um

tratamento mais simples outras, porém, dependendo da utilização e da qualidade de água é preciso passar por um tratamento mais avançado.

Vale a pena ressaltar que os ensaios realizados se tratam de uma análise de água bruta e não de água tratada, sendo assim, foram realizadas as seguintes análises físico-químicas das amostras: pH, Cor, turbidez, dureza total, sólidos e análise microbiológica.

Além dessas análises, foi desenvolvida uma matriz para avaliar os impactos ambientais causados ao Rio Bacalhau, desde a sua nascente até o Jardim Atlântico etapa III. Foram coletadas amostras de água em três pontos distintos, sendo um próximo a nascente na Latitude: 14°29'39,3" S e Longitude: 48°28'23,9"O, e dois outros pontos no curso do rio na Latitude: 14°28'34,2"S e Longitude: 48°27'35,0"O/Latitude: 14°27'35,0"S e Longitude: 48°24'40,1"O) (Figura 3).



Figura 3. Mapa de localização dos pontos de coletas das amostras.

Na análise dos impactos foram avaliadas as seguintes variáveis:

- Solo – Observou-se as alterações sofridas com a destruição da cobertura vegetal e a implementações de pastagens bem com produções agrícolas nas margens do rio. Pode-se observar processos erosivos, construções nas áreas de APP's (áreas de preservação permanentes) e matas ciliares.
- Água – Com base nos resultados das análises químicas e microbiológicas pode-se comprovar a má qualidade das águas constituintes do corpo hídrico, principalmente onde o curso do rio passa pelo perímetro urbano. Ainda pode-se observar que, mesmo estando em um período chuvoso o volume de água de leito do rio não havia aumentado, principalmente próximo das nascentes. A água ainda estava barrenta, assinalando que está ocorrendo processo de carreamento de matérias orgânicas. No perímetro urbano pode-se observar o despejo de esgotos, águas fluviais e a presença de lixo doméstico no leito do rio.
- Flora – No que se diz respeito à flora, praticamente já não existem matas ciliares, e quando tem, não estão de acordo com a metragem exigida pela legislação. As áreas que ainda estão parcialmente preservadas são as regiões mais montanhosas próximas a nascente e alguns pontos dentro da cidade.
- Fatores Sociais - observado como esses fatores estão influenciando na degradação do rio que é considerado um patrimônio cultural da cidade. Além disso, pode-se fazer uma análise de como a ocupação desordenada da população tem corroborado para a degradação do rio e, como esse processo tem refletido na saúde pública devido à ausência de saneamento básico.

As amostras para análise bacteriológica foram coletas em frascos esterilizados e identificados, em seguida foram acondicionadas e lacradas em caixas de isopor contendo gelo com temperatura em torno de 10°C e encaminhada para o laboratório em um prazo máximo de 6 horas. As amostras para análises físico-químicas foram acondicionadas em frascos de polietileno, limpos, secos e identificadas. Preenchida a ficha própria com as informações do local do ponto de coleta, tipo do manancial, ocorrências de fenômenos que poderia interferir na amostra, data e horário da coleta, volume coletado, nome do responsável pela coleta e etc. (FUNASA, 2014).

Resultados e Discussão

Durante a realização da pesquisa percebeu-se que as matas ciliares, Áreas de Preservação Permanente (APPs) estão praticamente extintas, o que contribui para a deterioração e secagem das nascentes. Além disso, já no perímetro urbano, ocorre escoamento das redes pluviais das vias da cidade no corpo hídrico do rio, também se verifica o despejo de esgotos em vários pontos ao longo do curso do rio, potencializando a degradação do rio Bacalhau. Também há presença de materiais sólidos, lixo doméstico, tais como, sacolas plásticas, embalagens de bebidas, roupas, acessórios, calçados, equipamentos de informática e etc., como pode ser observado (Figura 4).



Figura 4. Materiais no leito do Rio Bacalhau.

Por isso a necessidade e a escolha de alavancarmos estudos sobre este corpo hídrico, pois, o mesmo é um patrimônio dos Niquelandenses e está praticamente degradado no que se refere a sua existência e qualidade de suas águas, visto que próximo a sua nascente, mais precisamente na parte que está fora do perímetro urbano, ele é um rio como qualquer outro, águas cristalinas e margens preservadas como pode ser observado (Figura 5).



Figura 5. Uma das nascentes no período chuvoso.

Os impactos ambientais nos corpos hídricos na sua maioria são consequência das ações humanas desordenadas e algumas vezes por fenômenos naturais. Os despejos de esgoto poluem as águas, matam os peixes e acabam com o ecossistema ali presentes. O desmatamento causa o assoreamento e a secagem das nascentes, bem como, o curso do rio como um todo (GAVAZZI, 2011). Pode-se observar o processo de assoreamento no curso do rio pelas Figuras 6 e 7.



Figura 6. Processo de assoreamento próximos as nascentes.

Pena (2018) ressalta que, o processo de assoreamento consiste no acúmulo de sedimentos, lixos e muitos outros materiais no leito do rio diminuindo sua capacidade de escoamento fluvial. A diminuição da capacidade de escoamento provoca o transbordo e alagamentos das margens do rio, e como causa secundária ocorre a propagação de doenças como a Leptospirose (bactéria presente na urina de rato), Hepatite A (contato alimento contaminado) e outras doenças.

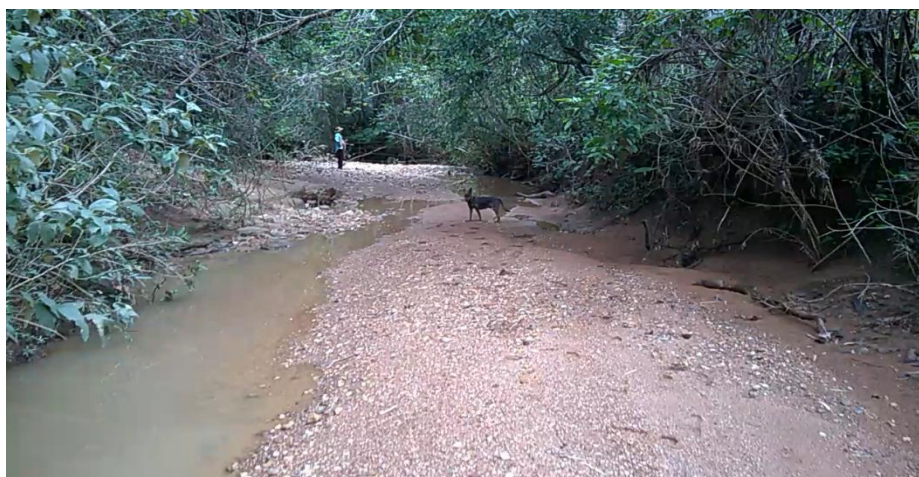


Figura 7. Leito do rio assoreado próximos as nascentes.

Dureza total é a soma das concentrações dos sais de Cálcio, Magnésio e alguns metais encontrados em baixa quantidade (FUNASA, 2006). Essa análise foi realizada através da titulação da amostra com o ponto de viragem após a titulação de vermelho para verde, como pode ser observado na Figura 8.



Figura 8. Amostra após titulação, com ponto de viragem de vermelho para verde.

O potencial hidrogeniônico (pH) é a concentração de íons de hidrogênio em uma amostra, o pH é uma variável com uma escala de variação de 0 a 14, sendo 7 o pH neutro ou central, e, se maior que 7 possui caráter básico, e menor que 7 possui caráter ácido. Vale ressaltar que o material de estudo se trata de água bruta, sendo assim a resolução CONAMA n.º 357/2005 estabelece a faixa de concentração entre 6,0 a 9,0. O equipamento utilizado para determinação dessa análise foi o potenciômetro como pode ser observado na Figura 9.

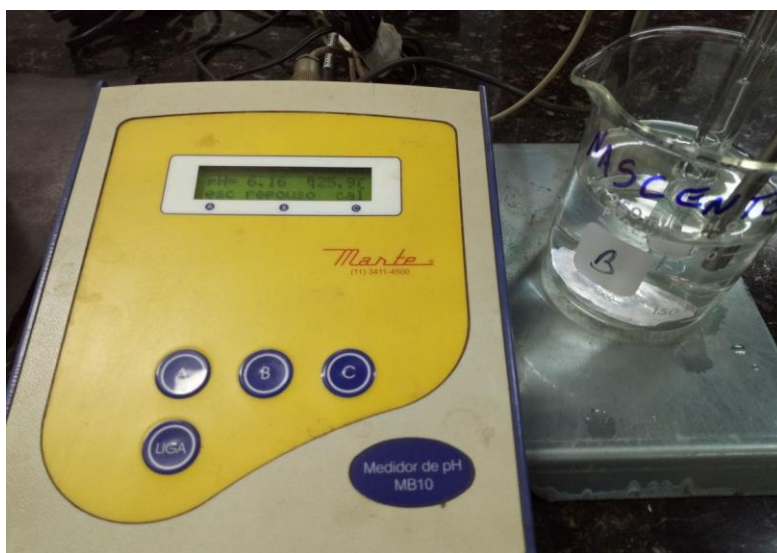


Figura 9. Processo de análise de pH da amostra da nascente através do potenciômetro.

Variável cor, é a análise da coloração da água que pode ser alterada de cristalina/incolor para escurecida devido a presença de substâncias dissolvidas de natureza orgânicas, produtos químicos, resíduos industriais e domésticos. Na amostra da nascente, não foi possível determinar a coloração devido à presença de chuvas nas últimas 48 horas antecedentes a coletas. Nas amostras A e B, houve um decréscimo na coloração da amostra, ocorrido devido a outros corpos hídricos confluírem para o rio Bacalhau e com isso ocorreu a diluição da cor.

A turbidez está diretamente relacionada a materiais sólidos suspensos como areia, algas e substâncias como zinco, ferro e manganês provenientes dos processos erosivos ou até mesmo de esgotos. Esse valor é encontrado através da dificuldade de um feixe de luz atravessar a amostra aquosa. O valor máximo permitido é de 5,0 uT (unidade de Turbidez) como padrão de aceitação para consumo humano (FUNASA, 2013). O procedimento de pipetagem da amostra para dar seguimentos nas análises pode ser observado na Figura 10.



Figura 10. Análises em execução.

A Tabela 2, expressa os resultados obtidos nas amostras da nascente, amostra “A”, “B” e os valores de referências do CONAMA.

Tabela 2. Resultados dos aspectos físicos

Aspectos físicos			
	pH	Cor	Turbidez
Conama n ^o 357 VMP ¹	6,0 a 9,0	< 75 (Pt Co) ²	< 100 (NTU) ³
Nascente	6,16	N/D	1,50
Amostra A	7,91	56,8	10,63
Amostra B	8,27	30,5	5,57

N/D (Não determinado, Período chuvoso nas últimas 24hs). VMP¹-Valor Máximo permitido; (Pt Co)² -Platina Cobalto; NTU³-Unidade Nefelométrica; ppm⁴-Partes por Milhão.

Através desses resultados observa-se um leve e crescente aumento do pH, iniciando com um carácter ácido na amostra da nascente no valor de 6,16 e com um carácter alcalino na amostra “B” de 8,27. Isso deve-se ao fato do lançamento de esgotos que possuem alcalinidade elevada devido uso de sabão, detergentes, resíduos industriais etc. De Paula (2013) também explica que, os resultados referentes ao pH das amostras de água demonstram variações em relação aos períodos de estiagem e chuva, podendo evidenciar uma tendência de que as águas apresentam condições mais neutras a levemente ácidas durante as chuvas, e no período de estiagem o pH apresenta aumento considerado, tal informação corrobora com os resultados das amostras do rio Bacalhau.

Conforme a resolução CONAMA n^o 357/2005 a faixa estabelecida de concentração está entre 6,0 a 9,0. Observa-se os aspectos físicos gerais (pH, Cor e turbidez) (Figura11).

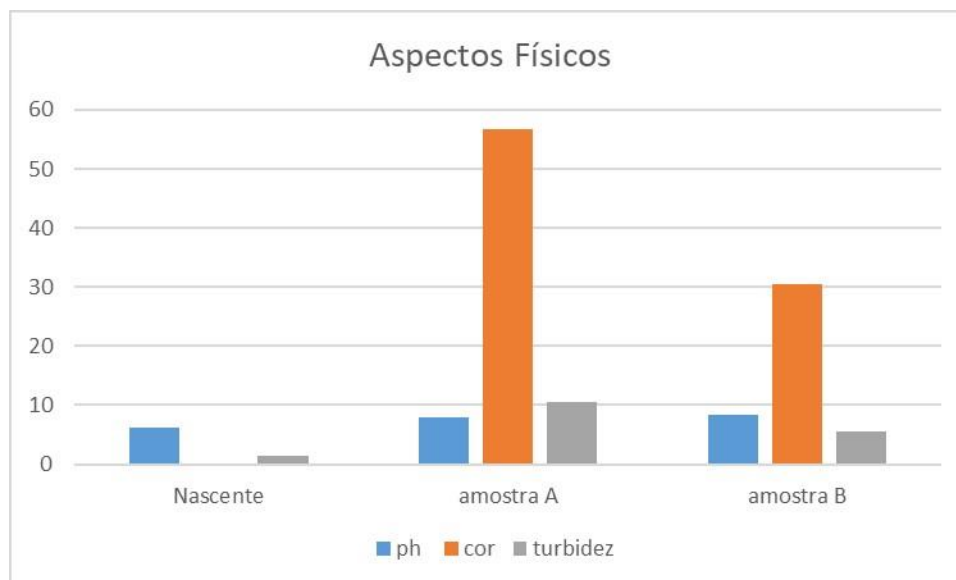


Figura 11. Aspectos físicos das amostras do rio Bacalhau.

No que se refere a variável Cor, não foi possível determinar para a amostra da nascente devido a presença de chuva nas últimas 48 horas antecedentes da coleta. Já nas amostras A, o valor foi de 56,8 uH e na B, foi correspondente de 30,5 uH (Tabela 1 e Figura 1). A portaria nº 518/2004 do ministério da saúde estabelece valor máximo permitido de 15 (quinze) uH (unidade de Hazen) como padrão de aceitação (FUNASA, 2013). Como a análise foi realizada em água bruta, ambas as amostras estão dentro do estabelecido pelo CONAMA 357/2005. Foi perceptível nas análises uma diminuição da Cor, devido ao aumento do volume da água do rio Bacalhau, pois, existem vários corpos hídricos na cidade, águas residenciais, esgotos que desaguam em seu leito, aumentando assim, o volume de água e consequentemente a diminuição da Cor. Silva et al. (2018) afirma que o aumento positivo da variável cor observado nas diferentes amostras, mesmo que irrelevante, tem relação direta com a presença de materiais dissolvidos e em suspensão na água, tal variação foi possível de ser analisada em um estudo no rio Traíras, que não sofre influência direta das atividades antrópicas, assim como o rio bacalhau, o rio Traíras corresponde a mesma bacia hidrográfica do Tocantins. Vale ressaltar que o aumento do volume das águas do rio foi percebido visualmente durante as análises, como pode ser visto (Figura 12).



Figura 12. Local da última coleta.

Com base nos resultados da Tabela 2, observa-se que todos os resultados dos aspectos físicos das amostras encontram-se dentro dos parâmetros de aceitabilidade da resolução do CONAMA nº 357/2005, porém, esses resultados não são conclusivos para definir se a água está apta ou não para

consumo humano, devido existir outros parâmetros a serem observados, como o caso de sólidos presentes, podendo ser observado nos resultados da Tabela 3, nas análises dos sólidos.

Tabela 3. Análises de sólidos na amostra da nascente e das amostras A e B

Sólidos							
	Mg (ppm)	Fe (ppm)	Na (ppm)	Ca (ppm)	Mn (ppm)	Dureza (ppm)	CaCO₃ (ppm)
Nascente	10,44	0,120	N/D	22,49	N/D	76,60	56,16
Amostra A	10,605	0,159	24,202	37,770	0,001	120,80	1613,55
Amostra B	10,293	0,771	39,251	49,387	0,191	149,03	1145,10

N/D (Não determinado).

Nas Figuras 13 e 14, observa-se os resultados obtidos dos elementos químicos presentes nas amostras.

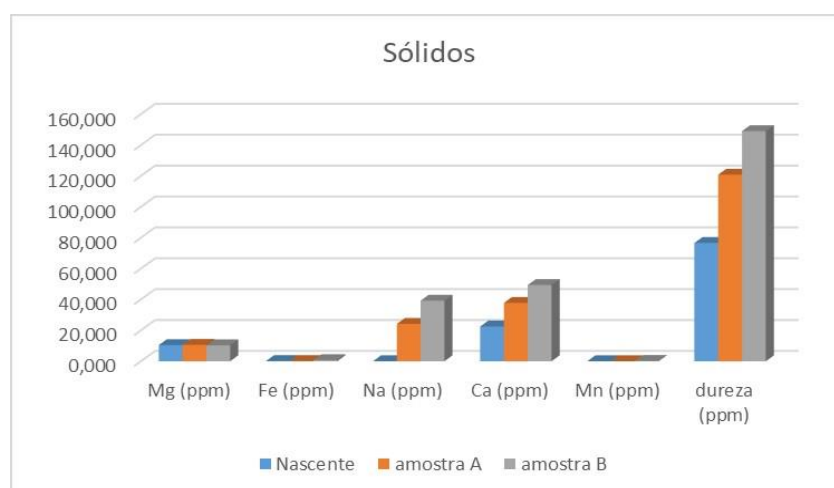


Figura 13. Análises de sólidos da amostra da nascente e das amostras A e B.

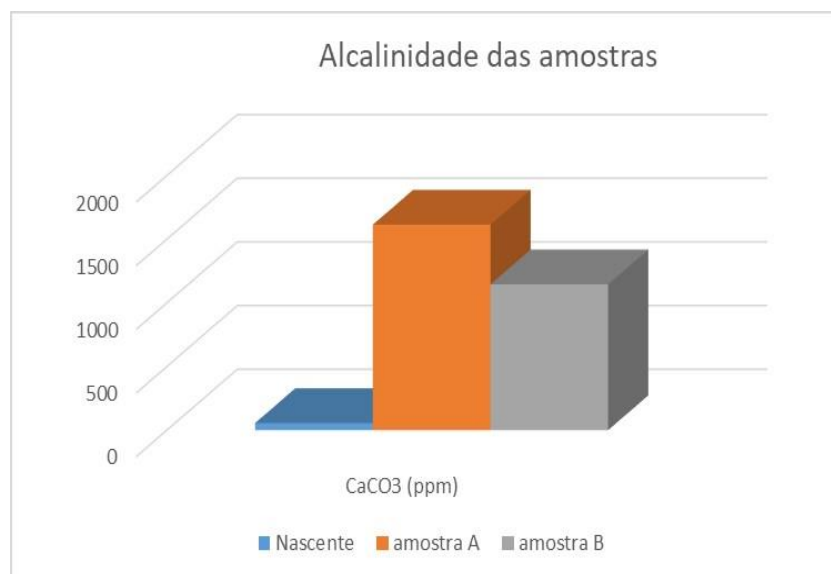


Figura 14. Alcalinidade das amostras.

Pelos resultados obtidos observa-se um aumento considerável das concentrações dos elementos Sódio (Na), Cálcio (Ca) e um aumento expressivo para Dureza, a qual está diretamente relacionado às altas concentrações dos sais de Cálcio e Magnésio. A portaria nº 518/2004 do ministério da saúde e a resolução CONAMA n.º 357/2005, estabelecem para dureza total o teor de 500mg/l em termos de CaCO₃, como o valor máximo permitido para água potável ou água bruta. Em relação a

alcalinidade (CaCO_3), observa-se que a amostra A, apresenta valor mais elevado em relação as outras amostras, justamente pelo fato da diluição da água por outros corpos hídricos que caem no curso do rio Bacalhau. De Paula (2013) afirma que, as médias mais elevadas para a presença de sólidos correspondem ao período de chuvas, que é uma condição determinante para o aumento do aporte de material alóctone aos recursos hídricos. Como pode-se observar os resultados das análises microbiológicas nas amostras A e B (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4. Análise microbiológica da amostra A

Resultado das análises Microbiológica	
Amostra "A"	
Ensaio:	Coliformes Totais
Referência:	Portaria Nº 2.914, de 12 dezembro de 2011
Metodologia:	Substrato Cromogênico/Enzimático SMEWW, 22 a Ed. 9223 B
Resultado:	Presença
Conclusão:	Não se aplica
Ensaio:	Escherichia Coli
Referência:	Portaria Nº 2.914, de 12 dezembro de 2011
Metodologia:	Substrato Cromogênico/Enzimático SMEWW, 22 a Ed. 9223 B
Resultado:	Presença
Conclusão:	Insatisfatório
Conclusão final:	A amostra não atende aos padrões bacteriológicos de potabilidade (portaria nº 2.914 de 12/12/2011 do MS.).

Fonte: Adaptado de Vigilância Sanitária Municipal de Niquelândia (2018).

Tabela 5. Análises microbiológicas amostra B

Amostra "B"	
Ensaio	Coliformes Totais
Referência	Portaria Nº 2.914, de 12 dezembro de 2011
Metodologia:	Substrato Cromogênico/Enzimático SMEWW, 22 a Ed. 9223 B
Resultado:	Presença
Conclusão:	Não se aplica
Ensaio:	Escherichia Coli
Referência:	Portaria Nº 2.914, de 12 dezembro De 2011
Metodologia:	Substrato Cromogênico/Enzimático SMEWW, 22 a Ed. 9223 B
Resultado:	Presença
Conclusão:	Insatisfatório
Conclusão final:	A amostra não atende aos padrões bacteriológicos de potabilidade (portaria nº 2.914 de 12/12/2011 do MS.).

Fonte: Adaptado de Vigilância Sanitária Municipal de Niquelândia (2018).

Em posse dos laudos microbiológicos é possível observar que as amostras apresentaram resultados que não atendem aos padrões bacteriológicos de potabilidade de acordo com a Portaria nº 2.914/2011, denotando o aspecto da má qualidade da água do objeto de estudo.

Através dessas análises pôde-se comprovar a situação precária e degradante em que se encontra a água do rio Bacalhau. Assim sendo, desenvolveu-se a matriz de avaliação de impactos ambientais do rio Bacalhau (Tabela 6).

Tabela 6. Matriz de avaliação de Impacto ambiental do Rio Bacalhau

		Solo		Água	Flora	Social		
		Erosão	Destruição da cobertura vegetal	Qualidade da água	Mata ciliar	Saneamento básico	Saúde pública	Ocupação desordenada
Caracterização dos Impactos	Positivo					x	x	
	Negativo	x	x	x	x			x
	Direto	x	x	x	x	x	x	x
	Indireto							
	Com acumulação	x	x	x		x	x	x
	Sem acumulação				x			
	Temporário		x	x		x		
	Permanente	x					x	x
	Localizado	x	x					x
	Extenso			x		x	x	
	Recuperável	x	x	x		x		x
	Irrecuperável							
	Reversível	x	x	x		x	x	x
	Irreversível							
	Afeta recursos protegidos	x	x	x		x		x
	Não afeta recursos protegidos				x			
Ditame	Exige medidas corretivas	x	x	x		x	x	x
	Não exige medidas corretivas				x			
Valoração	Admissível			x	x	x	x	x
	Não admissível	x	x					
	Moderado				x			
	Severo		x			x	x	x
Magnitude	Crítico	x		x				
	Baixo				x			
	Médio	x						
	Alto		x	x		x	x	x

Mediante a análise da matriz foram encontrados 7 impactos, sendo, 2 positivos e 5 negativos (Tabela 7).

Tabela 7. Quantidade de impactos encontrados na matriz

Variáveis	Positivos	Negativos	Total
Solo		2	2
Água		1	1
Flora		1	1
Social	2	1	3
Total	2	5	7

Na variável solo, foi encontrado (2) dois impactos negativos diretos devido à presença de erosões ao longo do leito e nas margens do rio, observou-se também a ausência de cobertura vegetal, casas e desmatamento dentro das Áreas de Preservação Permanente (APP) do rio.

Para a variável água, foi encontrado (1) um impacto negativo devido a péssima qualidade da água, como pôde ser visto (Tabelas 4 e 5), na qual apresenta a seguinte conclusão: “A amostra não atende aos padrões bacteriológicos de potabilidade (portaria nº 2.914 de 12/12/2011 do MS).”

Na variável flora, foi encontrado (1) um impacto negativo e direto devido à pouca presença de mata ciliar próximo as nascentes e dentro do perímetro urbano, praticamente não existe áreas preservadas como pôde ser visto no mapa (Figura 3).

A variável social, observou-se (1) um impacto negativo relacionado a ocupação humana desordenada, essa ocupação traz sérios danos à saúde pública devido ao lançamento de resíduos industriais e esgotos no leito do rio, justamente pela ausência de saneamento básico/tratamento de esgotos. Foram encontradas bactérias maléficas nos laudos (Tabelas 4 e 5), elas trazem sérios danos à saúde da população, como foi mencionado, a água para o consumo humano deve ser livre de contaminantes químico, físico e/ou biológico e a água para ser potável deve ser livre de bactérias indicadoras de contaminação fecal e não deve conter microrganismos patogênicos (FUNASA, 2013). O saneamento básico adequado evita a proliferação e a disseminação de doenças patogênicas por estas bactérias citadas.

Conclusão

Através da matriz reduzida de Leopold foi possível verificar a quantidade de impactos existentes, bem como, pode-se afirmar que o crescimento da cidade as margens do rio Bacalhau ao longo dos 283 anos sem planejamento urbano vem afetando a qualidade da água.

Por meio das análises físico-químicas e microbiológicas foi possível verificar que próximo as nascentes as análises das águas possuem um padrão aceitável estabelecido pela portaria nº 518/2004 do ministério da saúde. No entanto as amostras coletadas dentro do perímetro urbano, não possuem um padrão de potabilidade aceitável estabelecido pela mesma portaria supracitada.

Ressalta-se que o rio Bacalhau funciona como um exutório para vários corpos hídricos ao longo do seu percurso isso define a causa da diluição da cor nas amostras analisadas.

Referências

- ALMEIDA, L. de; RESENDE, L.; RODRIGUES, A. P.; CAMPOS, J. E. G. Hidrogeologia do estado de Goiás. 1ºed. Goiânia, 2006.
- BEVILACQUA, J. E. Estudo sobre a caracterização e a estabilidade de amostras de sedimentos do Rio Tietê, SP. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. 1996.
- BOLEA, M. T. E. Las evaluaciones de impacto ambiental. Madri, CIFCA, 1977. 100p.
- BRAGA, R. A. P. Avaliação de impactos ambientais: uma abordagem sistêmica. Terra Livre, n.3, p.4-7. 2015.
- BRASIL. MMA. Ministério de Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005, referente a classificação de corpos de água. 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: abril/2018.
- BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Manual prático de análise de água. 2ª ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 146p. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_analise_agua_2ed.pdf. Acesso em: fevereiro/2018.
- BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Manual técnico de análise de água para consumo humano. Brasília: Funasa, 1999.
- Brasil. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS/Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. Brasília: Funasa, 2014. 112p. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wpcontent/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf. Acesso em: fevereiro/2018.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 518, de 25.03.04. Dispõe sobre normas e padrões de potabilidade de água para consumo humano. Brasília: SVS, 2004.
- IBGE. Consulta de Área, População e dados básicos dos municípios. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?&t=destaques>. Acesso em: fevereiro/2018.
- DA SILVA, A. M.; PASQUALETTO, A. Avaliação de impactos ambientais no córrego Bacalhau causados pelo escoamento das águas pluviais em Niquelândia-Go. Disponível em:

- <<http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/7074/material/AVALIA%C3%87%C3%83O%20DE%20IMPACTOS%20AMBIENTAIS%20NO%20CORREGO%20BACALHAU%20AUSADOS%20PELO%20ESCOAMENTO%20DAS%20AGUAS%20PLUVIAIS.pdf>> Acesso em: dezembro/2017.
- DE MOURA, A. G. D. da S.; LOPES, S. R.; COSTA, J. R. S.; SILVEIRA, A. H. de M.; DA SILVA, F. M. Percepção da qualidade das águas do rio Potengi e impactos ambientais galgado na espuma, como ferramenta de educação ambiental. In: CONIDIS, 3, 2015, Campina Grande. Anais...Campina Grande, 2015.
- DE PAULA, S. M.; RAMIRES, I.; DA SILVA, F. G.; CONTICELLI, T. K.; DE GÊNOVA, K. B.; DA SILVA BRABES, K. C.; NEGRÃO, F. J. Qualidade da água do rio Dourados, MS-parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Evidência-Interdisciplinar, v.13. n.2, p.83-100, 2013.
- EMBRAPA. Manual de procedimentos de amostragem, e análise físico-química da água. 1º edição, EMBRAPA, 2011.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Reunião de Correlação, Classificação e Aplicação de Levantamentos de Solos da Região Centro-Oeste RCC – GO/MT. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 55). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/966051/1/bpd55rccgo.pdf>>. Acesso em: dezembro/2017.
- FERNANDES, N. G. N. Conhecimento dos alunos do ensino médio do CEPAE/UFG sobre poluição hídrica. Disponível em: <<https://www.cepae.ufg.br/up/80/o/TCEM2015-Qu%C3%ADmica-Nath%C3%A1lisaGabrielliNeryFernandes.pdf>>. Acesso em: abril/2018.
- FERREIRA, M. E.; MIZIARA, F.; JÚNIOR, L. G. F.; RIBEIRO, F. L.; FERREIRA, N. C. Ativos ambientais do bioma cerrado: uma análise da cobertura vegetal nativa e sua relação com o preço da terra no estado Goiás. Revista Brasileira de Cartografia, n.61, n.1, 2009.
- FOGLIATTI, M. C. Avaliação de Impactos Ambientais: aplicação aos sistemas de transporte. In: FOGLIATTI, M. C.; FILLIPO, S.; GOUDARD, B. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.
- FUNASA. Manual prático de análise de água. 4º edição. Brasília, 2013. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wp.content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf. Acesso em: abril/2018.
- GAVAZZI, R. A. Às margens do rio: educação intercultural e professores indígenas. Revista do Departamento de Geografia, v.14, p.33-38. 2011.
- GEIGER; KOPPEN. Classificação Climática de Köppen-Geiger. Disponível em: <https://portais.ufg.br/up/68/o/Classifica_o_Clim_tica_Koppen.pdf>. Acesso em: dezembro/2017.
- IBGE. Infográficos. Dados gerais do município. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=521460>>. Acesso em: fevereiro/2018.
- IRIANTO, E. W.; YUASA, A.; SUDJONO, P.; HERIANSYAH, A. Identification of the priority areas for water pollution control strategy in the upstream watershed of the citarum river by ahp-gis method. Writing Manuals, p.11.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. Megadiversidade, v.1, n.1, p.147-155, 2005.
- LIMA, J. E. F. W. Recursos hídricos no Brasil e no mundo. Embrapa Cerrados, 2001. p-7, 25-28.
- Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: abril/2018.
- PIMENTEL, G.; PIRES, S. H. Metodologias de avaliação de Impacto Ambiental: Aplicações e seus Limites. Revista de Administração Pública, v.26 n.1, p.56-68,1992.
- MINC, C. A ecologia nos barrancos da cidade. In. O desafio da sustentabilidade: Um debate socioambiental. VIANA, G.; SILVA, M.; DINIZ, N. (org.). São Paulo. Editora Perseu Abramo, 2001.
- MOREIRA, I. V. D. Avaliação de impacto ambiental-AIA. Rio de Janeiro, FEEMA. 1985.
- NOGUEIRA, A. C. F.; SANSON, F.; PESSOA, K. A expansão urbana e demográfica da cidade de Manaus e seus impactos ambientais. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, 2007, Florianópolis. Anais...Florianópolis, Brasil, 2007.
- PENA, R. F. Assoreamento de rios. Brasil Escola. Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/assoreamento-rios.htm>>. Acesso em: janeiro/2018.

- PENSAMENTO VERDE. Conheça os rios mais poluídos do mundo. Disponível em: <<http://www.pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/conheca-rios-poluidos-mundo/>>. Acesso em: janeiro/2018.
- PIMENTEL, G.; PIRES, S. H. Metodologias de avaliação de impacto ambiental: Aplicações e seus limites. Revista de Administração Pública, v.26, n.1, p.56-68. 1992.
- PMN. Prefeitura Municipal de Niquelândia. História de Niquelândia. Disponível em: <<http://www.niquelandia.go.gov.br/index.php/nossa-cidade>>. Acesso em: dezembro/2017.
- SILVA, C. M. S.; FILHO, M. F. N.; ALVES, H. P.; BARBOSA, W. M. F.; LIMA, A. M. L. Análise observacional do comportamento de NOx em uma reserva de mata Atlântica secundária na cidade de Maceió-AL/Brasil. In: Simpósio Internacional de Climatologia, 4, 2011, João Pessoa. Anais...João Pessoa-PB. 2011. p.11-17.
- SILVA, C. M. dos S. S.; ERICK, J. M.; OLIVEIRA, J. V. C. Avaliação de impacto ambiental das águas do rio traíras na reserva legado verdes do cerrado (LVC) no município de Niquelândia, Goiás, Brasil. In: Água: desenvolvimento sustentável e compartilhamento. FRANCISCO, P. R. M. (Org.). Editora: EPGRAF, Campina Grande, 2018, p.65-76.
- SILVA, S. de A.; GAMA, J. A. da S.; SOUZA, C. B. de. Saneamento básico e saúde pública na Bacia Hidrográfica do Riacho Reginaldo em Maceió, Alagoas. Eng. Sanit. Ambient., v.22, n.4, p.699-709, 2017.
- SOARES, T. S.; CARVALHO, R. M. M. A.; VIANA, E. C.; ANTUNES, F. C. B. Impactos ambientais decorrentes da ocupação desordenada na área urbana do município de Viçosa, estado de Minas Gerais. Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal, v.8, p.1-14, 2006.
- SPADOTTO, C. A. Classificação de impacto ambiental. Comitê de Meio Ambiente, Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. 2002.
- TEIXEIRA, S. F.; CAMPOS, S. S.; DE ANDRADE, A. L. R. H. Qualidade da água no Baixo Rio Capibaribe, Recife, Pernambuco. Disponível em: <http://www.unicap.br/encontrodasaguas/wp-content/uploads/2013/06/Simone-Ferreira-Teixeira1-upe-Trabalho_2073004853.pdf>. Acesso em: janeiro/2018.

USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA ÁREAS URBANAS EM RECIFE**¹Virgínia Mirtes de Alcântara Silva****²Carlos Antônio Costa dos Santos**¹Doutoranda PPGRN/UFCC, Campus Campina Grande, virginia.mirtes2015@mail.com²Professor do PPGRN/UFCC, Campina Grande, carlostorn@gmail.com**Introdução**

As geotecnologias atualmente vêm ampliando e aprimorando o planejamento urbano, pois, a partir destas, a coleta de dados de uma área através da edição de mapas digitais complexos e o cruzamento de informações espaciais representam grandes possibilidades de aplicações na concepção do espaço urbano, no planejamento, gestão urbana e no desenvolvimento de políticas públicas.

O dinamismo das relações econômicas, sociais e ambientais dentro da cidade influi e dificulta cada vez mais as intervenções realizadas no espaço urbano, pois a cada intervenção no espaço altera os outros pontos da cidade de uma forma sistêmica, logo, as geotecnologias permitem trabalhar com uma determinada característica da cidade.

Assim, as geotecnologias e o seu aprimoramento no estudo do espaço urbano é extremamente eficaz, permitindo planejar o uso racional do espaço, oferecendo novas informações sobre a estruturação da cidade reduzindo os problemas socioambientais. Os mapeamentos e análises realizados a partir das geotecnologias apresentam resultados adequados à realidade e às necessidades locais para uma efetiva tomada de decisão por parte do poder público.

Nesse sentido, Câmara et al. (1996, p.28) afirmam que:

Aplicações socioeconômicas tanto podem ser realizadas para com o objetivo de planejamento, quanto à avaliação de mudanças em uma região em resposta a uma determinada política. E ainda ressaltam, tradicionalmente, o papel do SIGs é de grande importância no estágio de pós-processamento das informações, onde dados são analisados facilmente especializados, gerando mapas.

Do mesmo modo, Pereira e Silva (2001, p.105) afirmam que:

A maior parte das tomadas de decisões por órgãos de planejamento e gestão urbana envolve um componente geográfico diretamente ou por implicação, daí a importância que as tecnologias de Geoprocessamento adquirem para a moderna gestão da cidade.

O processo de urbanização no Brasil ocorreu de forma acelerada e desorganizada nas metrópoles, esse processo hierarquizou e segregou a população evidenciando desigualdades sócio espaciais cada vez mais intensificadas pela ausência de políticas públicas. Na atualidade, com o adensamento populacional, a ocupação nas áreas de risco, a falta de planejamento urbano, o pouco investimento em saúde e educação, associadas às baixas condições socioeconômicas da população, os desastres naturais têm assumido grandes proporções (FRAGOSO, 2015).

Conforme Brito e Amaral (2001) o período de 1970 e 1980 é o marco da urbanização no Brasil, cerca da metade da população urbana habitava aglomerações metropolitanas.

A cidade do Recife, como as demais metrópoles brasileiras, tem passado por intensas transformações econômicas, sociais e espaciais nos últimos anos. De acordo com o censo demográfico de 2010, a cidade apresenta uma população urbana de 1.537,704 habitantes, representando ainda o terceiro município mais populoso da região Nordeste, onde as áreas de maior concentração da população ainda são as Zonas Sul e Norte com uma densidade populacional de 7.037,61 hab./km² (IBGE, 2010).

Portanto, devido ao desenvolvimento das atividades econômicas observa-se a periferização da população nas principais metrópoles do Brasil. Tal processo de desenvolvimento das periferias, em um movimento desigual e maior que os respectivos núcleos metropolitanos é, em parte, justificado pelas migrações intrametropolitanas que são marcadas pelo deslocamento populacional dos núcleos em direção às periferias (PINHO & BRITO, 2013).

Através da demografia pode-se verificar comportamentos bastante específicos da população, subsidiando políticas públicas e pesquisas sobre segregação social e espacial observando a população

de um determinado setor em relação a população total do município. A presente pesquisa visa contribuir para uma breve caracterização da dinâmica demográfica intramunicipal do Recife.

O aprimoramento das Geotecnologias tem promovido cada vez mais o avanço no desenvolvimento dos estudos relacionados com o planejamento urbano. Atualmente os padrões demográficos representam um dos principais pontos de estudo, uma vez que a população urbana aumenta a cada ano ficando imperativo o estudo desse tema. Entretanto, a mudança dos regimes demográficos, a produção e reprodução do espaço urbano e as implicações socioespaciais da distribuição e reprodução da população no território, ainda não têm sido frequentemente abordadas de forma conjunta (SILVA & MONTE-MOR, 2010).

Sendo assim, conhecer a distribuição espacial das características das áreas urbanas e a complexidade social do espaço urbano requer bastante conhecimento de várias áreas. Assim, diante da atual crise urbana que as cidades passam pela ausência de planejamento, as geotecnologias apresentam-se de grande relevância para eficácia do planejamento e gestão urbana. Pois, o estudo específico das áreas segregadas de uma determinada cidade é complexo, pois áreas com ocupações irregulares são excluídas de políticas públicas por conta da legalização inexistente.

Como constata Souza (2012), as geociências vêm assumindo características fundamentais para estes fins, obtendo reconhecimento além dos campos de pesquisas quantitativas, mostrando evolução de uma relação de mediação e assessoramento em projetos qualitativos para uma abordagem de mediação, adotando uma porção que objetiva localizar, processar, espacializar e projetar as mudanças pertinentes à utilização e ocupação do espaço, com auxílio de diferentes geotecnologias. Conforme Thery e Mello-Thery (2012), a análise de dados censitários comporta a averiguação de mudanças ocorridas em espaços de tempo, refletindo a trajetória de desenvolvimento da região analisada, como também foi observado por Ferrão (2004). Apresentando a mesma linha de análise, Carvalho (2004) também identifica a dinâmica populacional do Brasil, entre o período de 1940 e 1991, com expectativas até 2020.

Diante desse contexto, objetiva-se através do uso do software Qgis com dados do Censo Demográfico 2010, verificar a densidade demográfica de bairros pertencentes a Região Político Administrativa-3, RPA3 localizada na Zona Sul de Recife, levando-se em consideração suas principais características tais como: área territorial, a população residente, densidade demográfica, números de domicílios e quantidade de ZEIS instaladas nos bairros.

Material e Métodos

Recife, a área do estudo, localiza-se nas coordenadas geográficas de 8° 04' 03" S de latitude e 34° 55' 00" W de longitude, com altitude de 4 metros (Figura 1). É o principal núcleo urbano da região metropolitana, o município mais populoso da região, com 1.546.410 habitantes (IBGE, 2011). Localiza-se no litoral do Nordeste, na posição central, a 800 km das outras duas metrópoles regionais, Salvador e Fortaleza, disputando com elas o espaço estratégico de influência na Região. Limita-se ao norte com os municípios de Olinda e Paulista; ao sul, com Jaboatão dos Guararapes; a leste com o Oceano Atlântico e a oeste com São Lourenço da Mata e Camaragibe.

O clima é quente e úmido. A temperatura média oscila entre 24 e 27 graus; até nos meses mais frios, julho e agosto, a temperatura média é acima de 24 graus.

Do ponto de vista de sua extensão, a cidade de Recife possui uma área aproximada de 218.435km², em 2010 sua população era de 1.422.905 habitantes e atualmente possui uma população estimada em 2016 de 1.625.583 habitantes, apresentando uma densidade demográfica de 7.039,64 hab/km², representa 7,2% da área metropolitana e concentra 41,6 % dos habitantes dessa região (IBGE,2010).

Observa-se que a cidade se insere em uma malha urbana heterogênea, evidenciando uma segregação socioespacial, diferentes classes sociais e diferentes malhas de divisões territoriais que evidenciam tensões sociais dentro de um mesmo espaço.

Em termos de distribuição espacial, a caracterização geral da cidade apresenta 94 bairros subdivididos através das suas seis Regiões Político-Administrativas – RPAs (Figura 1, a saber: RPA 1 - Centro: 11 bairros; RPA 2 - Norte: 18 bairros; RPA 3 - Noroeste: 29 bairros; RPA 4 - Oeste: 12 bairros; RPA 5 - Sudoeste: 16 bairros; RPA 6 - Sul: 8 bairros; e 66 Zonas Especiais de Interesse Social – ZEIS.

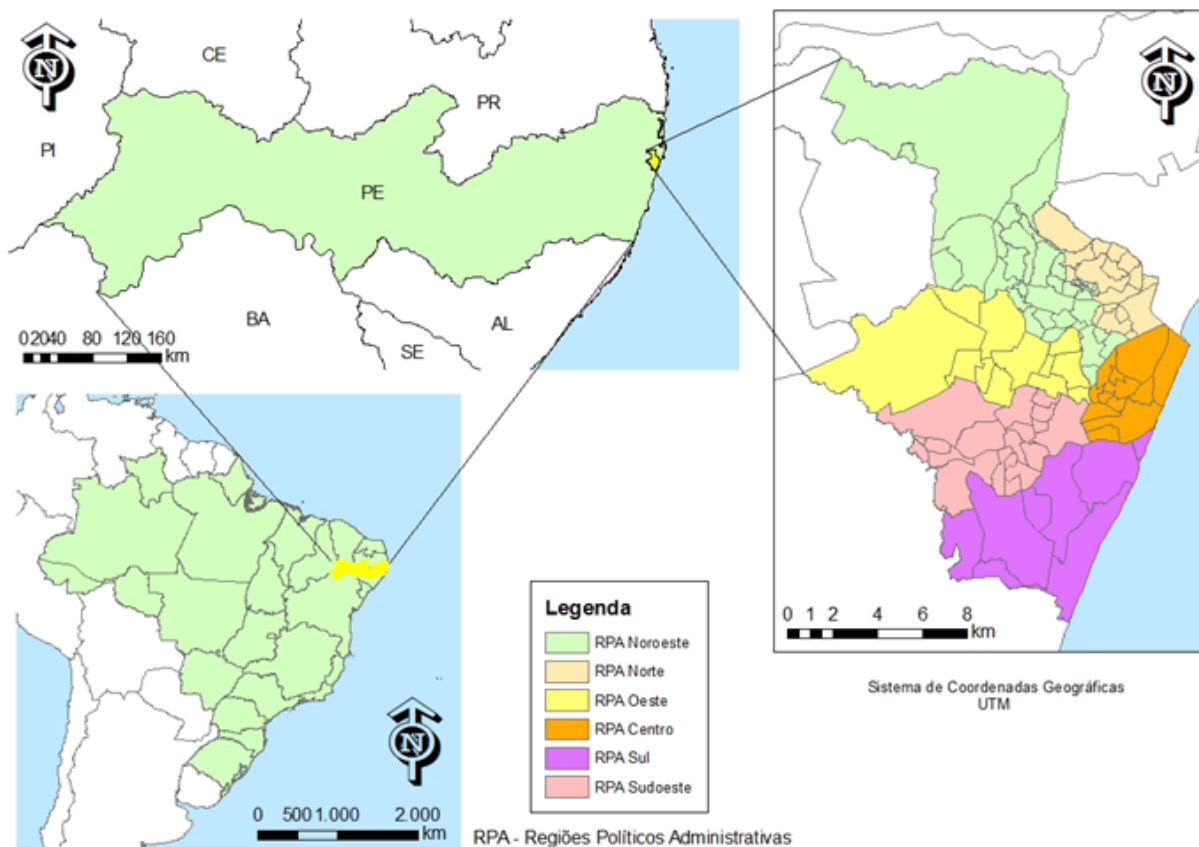


Figura 1. Localização espacial do Estado de Pernambuco destacado no mapa do Brasil, com identificação da Região Metropolitana do Recife (RMR) e do município do Recife.-PE.

Resultados e Discussão

A Região Político Administrativa VI (RPA3), Figura 2, representada na Tabela 1, é composta pelos bairros: Aflitos; Alto do Mandu; Alto José Bonifácio; Alto José do Pinho; Apipucos; Brejo da Guabiraba; Brejo de Beberibe; Casa Amarela; Casa Forte; Córrego do Jenipapo; Derby; Dois Irmãos; Espinheiro; Graças; Guabiraba; Jaqueira; Macaxeira; Monteiro; Nova Descoberta; Parnamirim; Passarinho; Pau-Ferro; Poço da Panela, Santana; Sítio dos Pintos; Tamarineira; Mangabeira; Morro da Conceição; Vasco da Gama.

Tabela 1. Principais bairros da RPA3 do Recife

Região Político Administrativa (RPA3)					
Bairros	Área Territorial	Pop. Residente (hab)	Densidade Demográfica (hab/hect)	Domicílios	ZEIS
Aflitos	31	5.7773	187,63	1.937	0
Alto do Mandu	25	4.655	184,89	1.351	3
Alto José Bonifácio	57	12.462	219,00	3.570	0
Alto José do Pinho	41	12.334	298,40	3.510	2
Apipucos	134	3.342	25,01	991	4
Brejo da Guabiraba	75	11.362	155,50	3.426	0
Brejo do Beberibe	64	8.292	129,86	2.459	2
Casa Amarela	188	29.180	155,09	9.296	2
Casa Forte	56	6.750	120,24	2.192	0
Córrego do Jenipapo	61	9.246	150,74	2.732	0
Derby	47	2.071	43,85	656	0
Dois Irmãos	585	2.566	4,39	737	0
Espinheiros	43	10.438	142,56	3.602	0
Graças	144	20.538	143,08	7.015	0
Guabiraba	4.617	6.330	1,37	1.779	0
Jaqueira	24	1.591	66,31	529	0
Macaxeira	125	20.313	162,25	5.807	0
Mangabeira	29	6.950	240,43	2.116	0
Monteiro	53	5.917	11,61	1.742	0
Morro da Conceição	38	10.182	265,24	2.955	0
Nova Descoberta	180	34.212	189,91	9.958	0
Parnamirim	61	7.636	124,30	2.458	0
Passarinho	406	20.305	49,98	5.792	1
Pau Ferro	44	72	1,65	16	0
Poço da Panela	81	4.615	56,74	1.463	0
Santana	47	3.054	64,65	978	0
Sítio dos Pinto	180	7.276	40,49	2.132	0

Fonte: IBGE (2010).

De acordo com a Tabela 2 e a Figura 2, o bairro dos Aflitos apresenta uma população residente de 5.773, enquanto que o bairro da Mangabeira possui uma população residente de 6.950, sendo a diferença um pouco mais de 900 habitantes. Usando como critério a densidade demográfica dos bairros da RPA3 espacializados na Figura 2, verificamos que Aflitos e Mangabeira, possuem respectivamente as maiores densidades demográficas 187,63 e 240,43. Entretanto, o bairro de Mangabeira, apresenta em sua área parte de Casa Amarela considerada uma ZEIS.

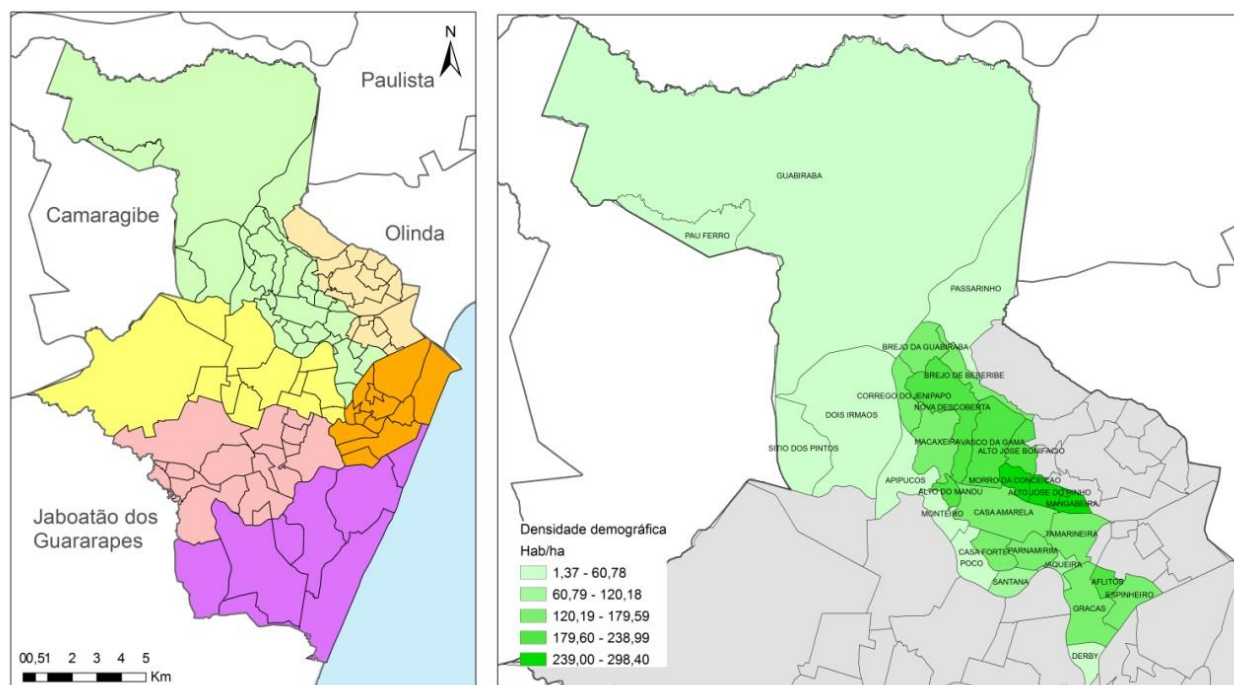


Figura 2. RPA3 do Recife.

Em 1950, a densidade demográfica mundial era de 19 hab/km² e passou para 51 hab/km² em 2010, podendo se estabilizar em 70 hab/km² em 2050. Até 2050 é preciso que ocorra uma estabilização da população mundial, proposta anteriormente na CIPD do Cairo em 1994, que de acordo com os especialistas não é impossível de ser alcançada, bastando a Taxa de Fecundidade Total (TFF) da população mundial cair do atual patamar de 2,5 filhos para mulher para 2,1 filhos por mulher.

Nesse contexto, pode-se inferir que existe uma correlação direta entre densidade demográfica e déficit ambiental ambos incidindo no superávit ou déficit ambiental. De acordo com Acioly & Davidson (2011), afirmam que um dos indicadores mais importantes a ser utilizado no processo de planejamento e gestão dos assentamentos urbanos refere-se à densidade urbana.

Conclusão

O uso do Qgis contribuiu de forma expressiva para as análises de áreas distintas dentro da RPA3, com a precisa localização dos resultados a possibilidade de analisar de forma integrada e espacializada a densidade de cada área e os resultados aqui encontrados auxiliarão pesquisas futuras para o planejamento das áreas visando à qualidade socioambiental nas cidades. Identificar áreas vulneráveis e com maior densidade populacional representa o primeiro passo para identificar problemas urbanos e desenvolver estratégias de gerenciamento, controle e prevenção, além de auxiliar políticas públicas. Com isso, torna-se evidente a necessidade de se promover estudos visando soluções e diagnósticos necessários durante um processo de urbanização.

Agradecimentos

Ao CNPQ, pela bolsa de estudo de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande.

Referências

- ACIOLY, C.; DAVIDSON, F. Densidade Urbana - Um instrumento de planejamento e gestão. 2a edição. Rio de Janeiro: Editora Mauad, 2011.
- BONDUKI, N.; ROLNIK, R. Periferia da Grande São Paulo: reprodução do espaço como expediente de reprodução da força de trabalho. In: MARICATO, E. A produção capitalista da casa e da cidade no Brasil industrial. 2.ed. São Paulo: Editora Alfa Ômega, 1982.
- CAMÂRA, G.; CASANOVA, M. A.; HERMELY, A. S.; MAGALHÃES, G. C.; MEDEIROS, C. M. B. Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica. Campinas: Editora da UNICAMP, 1996. 193p.

- QGIS. Development Team. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. 2014. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>.
- KOWARICK, L. Viver em risco. São Paulo: Editora 34, 2009.
- KOWARICK, L. Espoliação urbana. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.
- LAGO, L. Desigualdades e segregação na metrópole: o Rio de Janeiro em tempo de crise. Rio de Janeiro: Revan/Observatório. IPPUR/UFRJ-FASE, 2000.
- MENDES, I. A. (org.). Teoria, técnica, espaço e atividades. Temas de geografia contemporânea. Rio Claro: Unesp; AGTEO, 2001, p.97-137.
- PEREIRA, G. C.; SILVA, B. C. N. Geoprocessamento e urbanismo. In: GERARDI, L. H. de O. Rio Claro: Unesp; AGTEO, 2001, p.97-137.
- PINHO, B. A. T. D.; BRITO, F. Fluxos migratórios intrametropolitanos: o caso da região metropolitana de Belo Horizonte, 1970-2010, 2013. Disponível em: <<http://www.cedeplar.ufmg.br/pesquisas/td/TD%20472.pdf>>. Acesso em: 15 de março de 2016.
- SILVA, H.; MONTE-MÓR, R. L. Transições demográficas, transição urbana, urbanização extensiva: um ensaio sobre diálogos possíveis. In: Encontro Nacional de Estudos Populacionais, 17. Anais... Caxambu: Abep, 2010.
- TELLES, V. S.; CABANNES, R. (Org.). Nas tramas da cidade: trajetórias urbanas e seus territórios. São Paulo: Humanitas, 2006.

METEOROLOGIA e CLIMATOLOGIA



ANÁLISE CLIMATOLÓGICA DA REGIÃO NORDESTE UTILIZANDO O MODELO DE REGRESSÃO DINÂMICA PARA ESTUDO DA CORRELAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO NA CIDADE DO NATAL-RN

¹Cássia Monalisa dos Santos Silva

²William Nunes Rodrigues

³Wagner Sobrinho Rezende

³Juliana Machado Gomes

¹Docente da Universidade Estadual de Goiás, cassia.silva@ueg.br

²Discente Universidade Federal de Alagoas, willnunesrodrigues@gmail.com

³Discente da Universidade Estadual de Goiás, wagnersobrinho23@gmail.com

³Discente da Universidade Estadual de Goiás, julianamachadogomes12@gmail.com

Introdução

Os fatores determinantes à distribuição dos elementos climáticos no Nordeste Brasileiro (NEB) estão associados à sua posição geográfica, ao relevo, a natureza da sua superfície e aos sistemas de pressão atuantes na região. Os mecanismos dinâmicos que produzem chuvas no NEB podem ser classificados em: mecanismos de grande escala, responsáveis por cerca de 30 a 80% da precipitação observada dependendo do local, e mecanismos de meso e microescalas, que contemplam os totais observados. Dentre os mecanismos de grande escala, destacam-se os sistemas frontais e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Perturbações Ondulatórias no Campo dos Ventos Alísios, Complexos Convectivos e Brisas Marítima e Terrestre fazem parte da mesoescala, enquanto Circulações Orográficas e Pequenas Células Convectivas constituem os fenômenos de microescala (MOLION & BERNARDO, 2002).

A respeito dos sistemas de pressão, o NEB está sob influência dos Anticiclones Subtropicais do Atlântico Sul (ASAS), dos Anticiclones Subtropicais do Atlântico Norte (ASAN), e do Cavado Equatorial, estando este localizado entre os ASAS e ASAN, onde as variações sazonais de posicionamento e intensidade determinam o clima da região. No eixo do Cavado Equatorial está a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), e seu posicionamento e intensidade estão associados aos dois anticiclones (ASAS) e (ASAN) (CAVALCANTI et al., 2009).

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é caracterizada por um conjunto de nuvens convectivas que se estendem em uma faixa ao longo da região equatorial, principalmente sobre os oceanos Atlântico, Pacífico, Índico e Áreas Continentais Adjacentes, tendo importante papel na determinação da estação chuvosa no Nordeste. Em anos chuvosos, pode atingir até 5°S, proporcionando elevados índices de precipitação (CITEAU et al., 1985).

Os Distúrbios Ondulatórios de leste (DOLs) são perturbações que ocorrem desde o oeste da África até o Atlântico Tropical, modulando a convecção e, conseqüentemente, a precipitação, tendo sua atividade máxima durante o inverno austral (MACHADO, 1997). No Nordeste, tem uma ação fundamental na modulação da convecção, atingindo grande parte da região, principalmente nos setores mais a leste.

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs) são sistemas meteorológicos caracterizados por centros de pressão relativamente baixos que se originam na alta troposfera e se estendem até os níveis médios. Apresentam um centro relativamente frio, convergência de massa, movimentos verticais subsidentes no centro e ascendentes na periferia e nebulosidade mais intensa na direção do seu deslocamento. Atuam com mais frequência entre os meses de dezembro a fevereiro, com um tempo de permanência de 4 a 11 dias. Têm um importante papel no regime pluviométrico do Nordeste, principalmente quando interagem com outros dois sistemas: a Alta da Bolívia (AB) e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Esses três sistemas interagem entre si e são responsáveis pelo clima em grande parte do continente, balanço de energia e modulação do ciclo hidrológico (CAVALCANTI et al., 2009).

A Alta da Bolívia (AB) é uma circulação anticiclônica de grande escala que ocorre na troposfera superior, centrada, em média, no platô boliviano, ocorrendo no verão e contribuindo para as chuvas no Norte, Nordeste e Centro-Oeste do Brasil. Gutman e Schwerdtfeger (1965) mostram que a AB atinge

intensidade máxima entre dezembro e fevereiro, enfraquecendo nos meses de abril e maio. Sua manutenção está associada ao aquecimento continental e ao escoamento em baixos níveis.

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é um sistema meteorológico típico de verão na América do Sul, caracterizada por uma faixa de nebulosidade orientada no sentido noroeste-sudeste, atuando principalmente sobre a Amazônia e regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil. Associada a uma zona de convergência do fluxo de umidade na baixa troposfera, tem um papel importante no regime de chuvas das regiões Sul e Sudeste do Brasil no período de verão, e está associada aos sistemas meteorológicos, como os sistemas frontais e a AB, podendo atingir o centro-sul da Bahia e prolongar-se até o oceano Atlântico Sudoeste, sendo a ZCAS de grande importância, também, no regime de chuvas para o sul do Nordeste do Brasil (CAVALCANTI et al., 2009).

A precipitação do Nordeste também pode estar relacionada ao El Niño-Oscilação Sul (ENOS). Eventos como o ENOS afetam o tempo e o clima globalmente, principalmente nos trópicos. Demonstrase razoável a espera de que as chuvas nordestinas sejam igualmente afetadas pelo fenômeno. Uvo et al. (1988) e Molion e Bernardo (2002) observaram que, na fase quente dos eventos ENOS, o ramo ascendente da Circulação Hadley-Walker, rotineiramente na região da Amazônia, desloca-se sobre as águas anormalmente quentes do Pacífico Leste ou Central, produzindo consequentemente centros ciclônicos nos altos níveis sobre o Norte e Nordeste da América do Sul e uma forte subsidência, atingindo também o Atlântico Tropical.

Essa subsidência enfraquece a ZCIT e a convecção sobre o NEB, diminuindo as chuvas. O evento de 1983 (RAO et al., 1986), em particular, foi muito forte, provocando reduções de até 80% nos totais pluviométricos durante março a maio daquele ano. Em contrapartida, nota-se a existência de uma relação oposta entre a fase fria (La Niña) e as chuvas, que seriam intensificadas durante esse período, como, por exemplo, nos anos de 1974, 1985 e 1995.

A partir de então, objetiva-se com este estudo desenvolver uma análise climatológica que proporcione a organização de uma correlação entre as capitais do NEB, produzindo gráficos de previsão que promovam a compreensão das variáveis climáticas atuantes e suas influências causadas, com ênfase na cidade do Natal, no Rio Grande do Norte.

Material e Métodos

A região Nordeste do Brasil apresenta uma área de 1.558.196 km² com 51.609.027 habitantes, englobando os estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Piauí, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe, representada na Figura 1. Essa região se limita a leste do continente sul-americano próximo do meridiano de 48°W e ao sul pelo paralelo de 18°S, não apresentando uma distribuição de chuvas típicas das áreas equatoriais, entretanto incluindo três tipos de clima, tais como, clima litorâneo úmido que abrange todo o litoral nordestino, clima tropical que compreende algumas áreas do Estado da Bahia, Ceará, Maranhão e Piauí, e clima tropical semiárido que envolve todo o sertão nordestino (CAVALCANTI, 2009). Ainda segundo Cavalcanti (2009), essas diferenças de clima no Nordeste Brasileiro devem-se à atuação de diversos mecanismos físicos que interagem e são responsáveis pela distribuição de chuva nessa região.

A acentuada variabilidade interanual da precipitação com anos extremamente secos e outros com chuvas acima da média são característicos dessa região, além disso, os sinais de variabilidade intrassazonal são mais evidenciados. Em relação à temperatura, o Nordeste Brasileiro apresenta média anual que varia de 20 a 28°C. Em áreas situadas acima de 200m baseadas no relevo relativo, e no litoral leste, as temperaturas variam de 24 a 26°C. Ainda assim em áreas mais elevadas como Chapada Diamantina e Planalto da Borborema, as temperaturas são inferiores a 20°C (CAVALCANTI, 2009).

Segundo Strang (1972), a alta porcentagem da precipitação anual ocorre em apenas três meses do ano, onde se distribuem da seguinte forma: 60% de novembro a janeiro para o alto e médio São Francisco, 60% de fevereiro a abril na área que inclui o Maranhão, Piauí, Ceará e toda a região semiárida a oeste do planalto da Borborema até o extremo norte da Bahia, e 50% de maio a julho na costa do Nordeste Brasileiro.

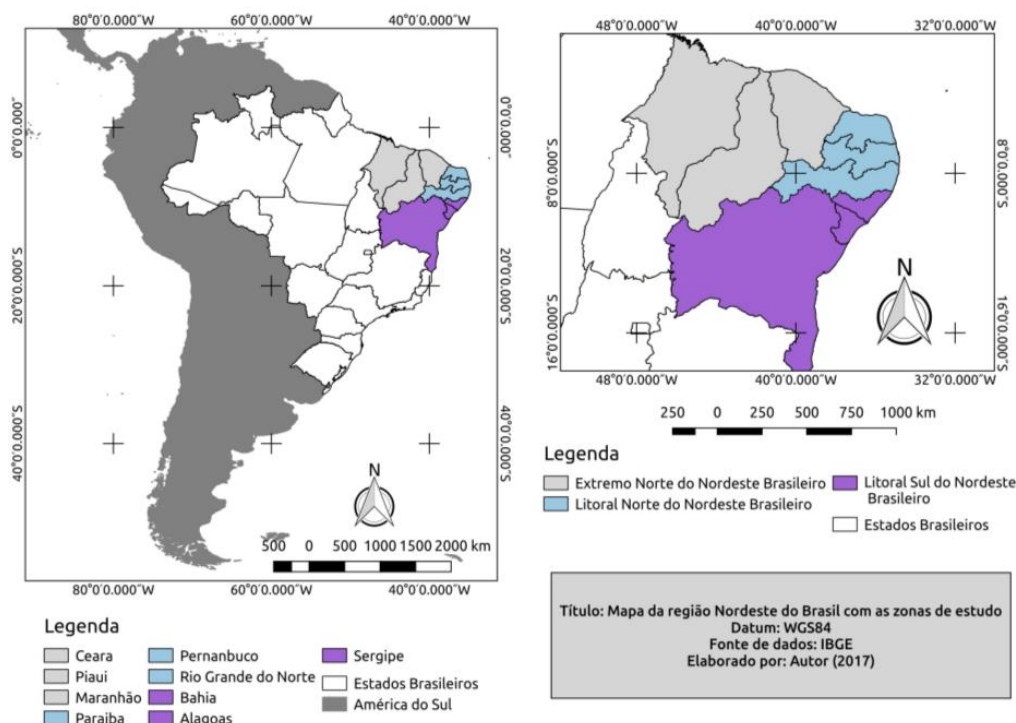


Figura 1. Mapa da região Nordeste do Brasil com as zonas de estudo.

Dados utilizados

Para as análises climatológicas, foram selecionados dados meteorológicos de um período de 51 anos (1961-2012) para as capitais do Nordeste. Essas séries foram aplicadas nas variáveis meteorológicas de precipitação (mm), temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%), todas disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), e através do Software R, foram calculadas as climatologias mensais das séries de dados e frequências de cada capital.

Para a análise climatológica, foram criados três grupos, cada um constituído por três capitais distintas do NEB. Esses grupos foram criados de acordo com as similaridades climáticas existentes e maior proximidade geográfica quanto à localização, sendo divididos conforme o Tabela 1.

Tabela1. Organização das capitais do NEB por grupos

Grupos	Capitais	Localização
1	São Luiz - MA Teresina - PI Fortaleza - CE	Extremo Norte do Nordeste
2	Natal - RN João Pessoa - PB Recife - PE	Litoral Norte do Nordeste Brasileiro
3	Maceió - AL Aracaju - SE Salvador -BA	Litoral Sul do Nordeste Brasileiro

A análise dos dados foi realizada através do uso de Boxplot. O Boxplot (gráfico de caixa) é um gráfico que analisa dados de maneira empírica, sendo ele formado por um paralelogramo que é constituído por quartis (faces externas inferior e superior), pela mediana (semirreta que secciona a geometria horizontalmente em seu centro), e por duas hastes, superior e inferior, localizadas da face inferior da geometria até o limite mínimo, e da face superior até o limite máximo, consideradas como valores discrepantes ou extremos. E, caso apareçam asteriscos (*) fora do limite determinado pelas hastes, serão estes denominados de outliers, pois são valores que saem do padrão geral preconizado, ou seja, são valores discordantes.

Neste trabalho foi verificada a distribuição da variação mensal das variáveis de temperatura, umidade e precipitação. Dessa forma, foi possível analisar as similaridades (correlações) dos componentes mensais entre as capitais.

Coefficiente de Correlação

O coeficiente de correlação é uma técnica que mensura o grau de relação linear entre duas variáveis produzida por François Galton e Karl Pearson (STATON, 2001). De acordo Figueiredo et al. (2009) o coeficiente de determinação é dado como a razão entre a variação explicada por uma reta de regressão pela variância total dos dados. Essa razão é sempre um número não negativo que chamamos de r^2 . A quantidade r , chamada de coeficiente de correlação, é dada por:

$$* r = \pm \sqrt{\frac{\text{Variação explicada}}{\text{total de variação}}} = \pm \sqrt{\frac{\sum(Y_{est}-y)^2}{\sum(Y-y)^2}} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde: r varia entre -1 e 1.

Usando o fator de que o desvio-padrão de Y é dado por:

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum(Y-y)^2}{N}} \quad \text{Eq. 2}$$

Substituindo pela (Eq. 1), temos:

$$S_{ii} = S_i \sqrt{1 - r^2} \quad \text{Eq. 3}$$

Para o caso das correlações lineares, a quantidade r é a mesma, não importando de X ou Y são consideradas variáveis independentes. Assim, r é uma boa medida da correlação linear entre 2 variáveis, e a Tabela 2 observa-se a interpretação desse valor r através de intervalos padrões de correlação, podendo ser considerados como: fraco, moderado ou forte.

Tabela 2. Padrão de correlação

Valor (r)	Interpretação
0,20 – 0,40	Fraca
0,41 – 0,70	Moderada
0,71 – 0,90	Forte

Para observar a similaridade entre os grupos 1, 2 e 3 relacionando as variáveis temperatura, umidade relativa e precipitação, foram realizadas correlações entre as capitais do mesmo grupo.

Regressão Dinâmica

Na análise de séries temporais, a principal finalidade é construir modelos a partir do passado da série. Se usarmos modelos de regressão em séries temporais, temos que a hipótese de independência dos resíduos não é realista, e os resultados dos testes usados nestes modelos não são válidos. Na regressão dinâmica temos uma variável dependente (Y_t), explicada por outras ($Y_t^1 S$). A estrutura de um modelo de Regressão Dinâmica é definida conforme a equação 4.

$$\phi(B)Y_t = \beta X_t + \alpha_t \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde: Y_t representa a variável (endógena) dependente; X_t é um vetor de variáveis (exógenas) causais; β é o vetor de coeficientes das variáveis exógenas; ϕ é um polinômio auto regressivo de ordem p ; α_t são os erros i.i.d. Normal ($0, \sigma^2$); t é o tamanho da série.

Para a análise climatológica das cidades de João Pessoa, Recife e Natal, utilizando a combinação de modelos de Regressão Dinâmica para estudo da correlação das precipitações, foram utilizados dados mensais do período de 1961 a 2012.

Sendo assim, foram inicialmente realizados alguns Fits das capitais escolhidas para as análises (Tabela 3). Realizando a regressão e estimando os coeficientes lineares no software R, tivemos os valores dos coeficientes, explicitados.

Tabela 3. Fit e coeficientes

FIT	Convenção	Coeficientes
Fit – A	Recife ~ João Pessoa	0,9203
Fit – B	Natal ~ João Pessoa	0,6596
Fit – C	Natal ~ Recife	0,5744

Para a aplicação do modelo de Regressão Dinâmica, foram realizadas combinações entre os modelos, sendo então denominados os seguintes na Tabela 4.

Tabela 4. Tabela de modelos combinados

Prec – A	Natal
Prec – B	João Pessoa
Prec – C	Recife

Posteriormente, foram realizadas as análises dos resíduos do Fit – A, Fit – B e Fit – C. Com a utilização do software R foi possível verificar se seguiam uma distribuição normal pelo Shapiro.test, como segue na Tabela 5.

Tabela 5. Teste de normalidade

FIT	W	P-VALOR
Recife ~ João Pessoa	0,9346	6,778-16
Natal ~ João Pessoa	0,8788	2,2-16
Natal ~ Recife	0,892	2,2-16

Por conseguinte, foi realizado o teste de consistência dos resíduos, através da q-qnorm, como é apresentado na Figura 2a, 2b e 2c.

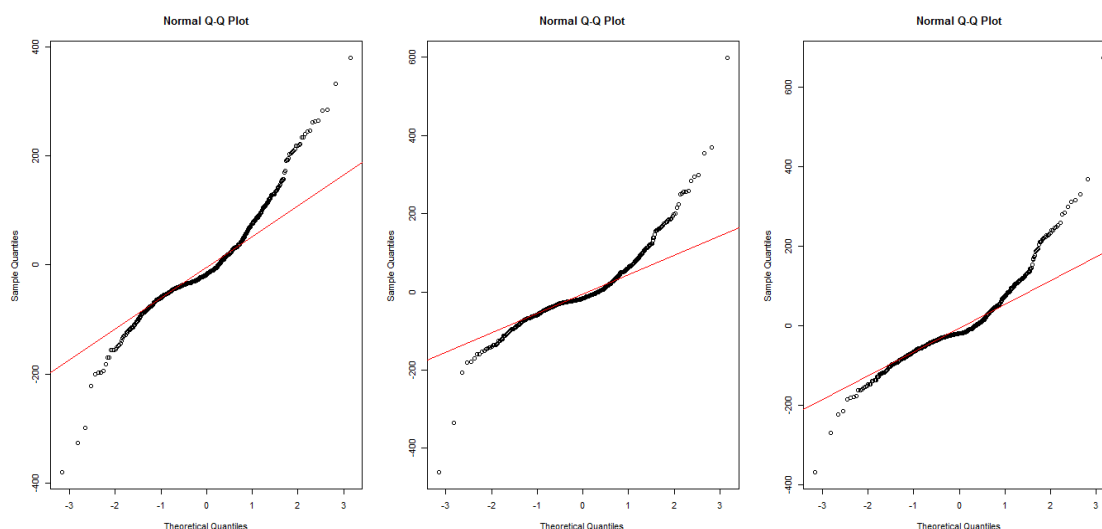


Figura 2. Consistência de resíduos do Fit – A (a), Fit – B (b), e Fit – C (c).

Resultados e Discussão

A partir das análises realizadas nas correlações observamos que o grupo 1, para a variável de temperatura, apresentou a melhor correlação entre Fortaleza e São Luiz com $r = 0,65$, considerada moderada, para a umidade a melhor correlação foi entre São Luiz e Teresina com valor de $r = 0,71$, considerada forte, e em relação a precipitação, a melhor correlação foi entre Fortaleza e São Luiz com valor $r = 0,78$, considerada forte.

Para o grupo 2, a melhor correlação de temperatura foi entre João Pessoa e Recife com valor de $r = 0,91$ apontando uma forte correlação, assim como a umidade e precipitação, que também

apresentaram valores em destaque para essas duas capitais, possuindo respectivamente $r = 0,66$, considerada moderada, e $r = 0,85$, considerada forte.

No grupo 3, a correlação mais significativa em relação à temperatura foi entre Aracaju e Salvador, com valor de $r = 0,88$, apontada como forte. Em relação à umidade, o maior valor de correlação foi entre Aracaju e Salvador com $r = 0,32$, ainda sim, considerada fraca, e para a precipitação a melhor correlação foi entre Maceió e Aracaju com $r = 0,67$, considerada moderada.

Extremo Norte do Nordeste Brasileiro

As Figuras 3, 4 e 5 correspondem às aferições mensais de temperatura, umidade relativa e precipitação, respectivamente, para as capitais de São Luiz – MA, Teresina – PI, e Fortaleza – CE. Comparando as variáveis temperatura e umidade relativa, o aumento em uma corresponde ao decaimento da outra. Nota-se que as três capitais apresentam um comportamento semelhante, ou seja, há aumento da umidade relativa de janeiro a maio (diminuição de temperatura), e posterior diminuição da mesma a partir de maio até meados de agosto, voltando então a aumentar até dezembro. A média de temperatura anual para essas cidades são de: São Luiz com 29°C, Teresina com 33°C, e Fortaleza com 26,5°C. O comportamento do acréscimo de umidade corresponde ao aumento no volume de precipitação.

Portanto, o período até maio corresponde ao período mais chuvoso. No entanto, do mês de junho até o mês de novembro, há uma importante diminuição das chuvas, mostrando que entre ambas as cidades este é o período mais seco.

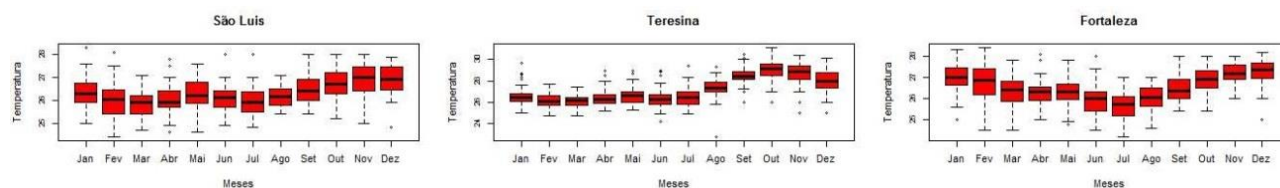


Figura 3. Variações mensais de temperatura – Capitais do Grupo 1.

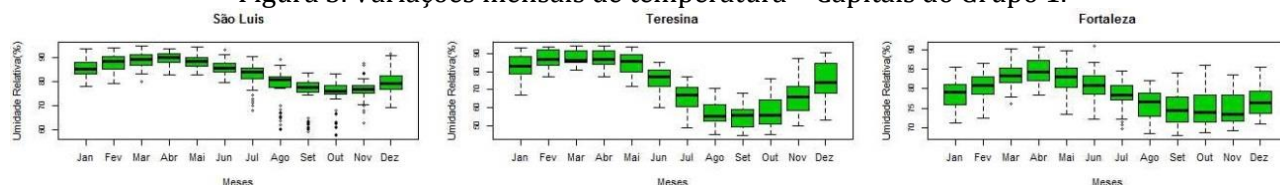


Figura 4. Variações mensais de umidade relativa – Capitais do Grupo 1.

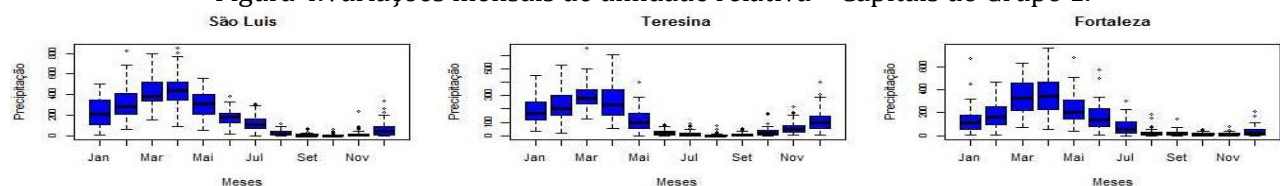


Figura 5. Variações mensais de precipitação – Capitais do Grupo 1.

Os principais mecanismos de produção de chuva no Norte do Nordeste Brasileiro (NNE) são as ZCIT, a convergência de umidade (Brisas e Perturbações Ondulatórias nos Ventos Alísios (POAs)), a convecção local e, muito raramente, a influência direta das frentes frias. A ZCIT é por consenso, segundo Molion e Bernardo (2002), o mecanismo mais importante na produção de chuva, tendo sua posição média anual aproximadamente em torno de 2°S a 4°S de latitude nos meses de março e abril, quando ocorre o máximo de precipitação para essa região, e deslocando para 5°S ou 6°S em anos mais chuvosos (HASTENRATH & HELLER, 1977). Entretanto, a posição desse elemento de circulação geral não é por si só um bom precursor das anomalias de precipitação nessa região, apesar de sua permanência mais rápida ou mais demorada em torno do equador ser um fator importante para a qualidade da estação chuvosa do NNE (UVO et al., 1988). Em anos de La Niña, em que os sistemas frontais do Hemisfério Norte, nas latitudes equatoriais ocorre mais próximo da costa da África, a ZCIT fica desestruturada e o NNE apresenta um aumento significativo das chuvas na região. Além disso, no período entre dezembro e março, o aumento da precipitação pode ter sido causado pela presença de VCANs.

Litoral Norte do Nordeste Brasileiro

As capitais como Natal, João Pessoa e Recife, correspondem às cidades litorâneas do extremo Norte do Nordeste, apresentando médias de temperatura anual com valores variando entre 25 e 26°C, onde Natal e Recife denotam média anual de 26°C, e João Pessoa, 25°C. Para essas capitais, o aumento da umidade relativa condiz com a diminuição da temperatura, principalmente entre os meses de abril a julho. Nesse período é perceptível também um aumento da precipitação aprontando um ápice do regime de chuvas para estas cidades. Por outro lado, há uma diminuição das chuvas por volta de setembro a dezembro, demarcando um período mais seco, e nas Figuras 6, 7 e 8 observa-se as variações mensais das três capitais do grupo 2 para as variáveis de temperatura, umidade relativa e precipitação.

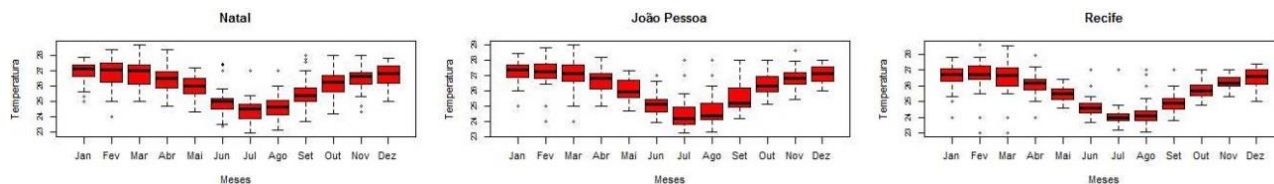


Figura 6. Variações mensais de temperatura – Capitais do Grupo 2.

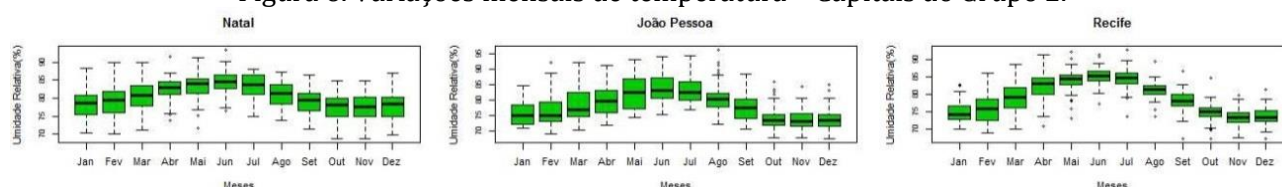


Figura 7. Variações mensais de umidade relativa – Capitais do Grupo 2.

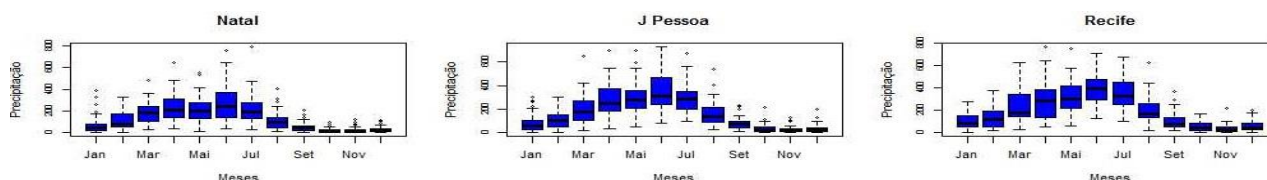


Figura 8. Variações mensais de precipitação – Capitais do Grupo 2.

Kousky (1979) sugeriu que esse máximo de chuvas estaria possivelmente associado à máxima convergência dos alísios com a brisa terrestre, a qual deve ser mais forte durante as estações de outono e inverno quando o contraste de temperatura entre a terra e o mar é maior. Segundo Cohen et al. (1989) e Ferreira et al. (1990), a quadra chuvosa estaria relacionada a distúrbios ondulatórios.

Molion e Bernardo (2002) afirmam que em anos chuvosos, 30 a 40% dos totais pluviométricos do período mais úmido, (AMJJ), são devidos à convecção causada pela Zona de Convergência Intertropical alimentada pela umidade dos Alísios. Perturbações Ondulatórias nos Ventos Alísios (POAs) e as brisas marítima e terrestre, associadas à topografia e à convergência de umidade, completam o quadro de fenômenos de escala menor, responsáveis por 60 a 70% do total pluviométrico da quadra chuvosa. As POAs se propagariam sob a inversão térmica e somente se intensificariam ao atingirem a ZCIT, onde a convergência de umidade é maior. A brisa terrestre funciona como mini sistemas frontais, e suas massas de ar têm características termodinâmicas distintas das massas de ar associadas aos Alísios, ou seja, a temperatura da brisa está entre 21 e 23°C, e a umidade relativa entre 65 e 75%, enquanto os Alísios estão entre 24 e 26°C de temperatura, e de umidade relativa possuem 80 a 90%. Aderindo à superfície, a brisa da terra intensifica os Alísios, provocando a formação de nuvens e chuva sobre o oceano e a orla marítima. Entre janeiro e março, o aumento da precipitação também pode ser causado pela presença dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs).

Litoral Sul do Nordeste Brasileiro

As capitais litorâneas do nordeste situadas mais ao sul apresentaram diminuição de temperatura mais significativamente entre os meses de maio e julho. Para essas cidades, a média anual de temperatura são: Maceió com 24°C, Aracaju com 27°C, e Salvador com 26°C. Nesse mesmo período, o comportamento da umidade relativa apresentou-se suavemente constante, devido seus valores apresentarem médias entre 70 e 95% praticamente durante todo o ano.

Durante esses meses, é visível também o aumento da precipitação, denotando então o regime chuvoso para estas capitais. Por outro lado, é notável uma diminuição das chuvas durante o intervalo de setembro a dezembro, evidenciando o período mais seco, e nas Figuras 9, 10 e 11 observa-se as medições de temperatura, umidade relativa e precipitação para as três capitais do grupo 3 no decorrer de 12 meses.

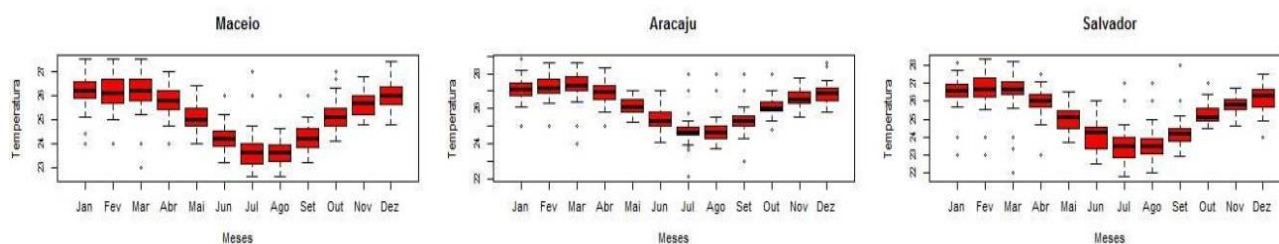


Figura 9. Variações mensais de temperatura – Capitais do Grupo 3.

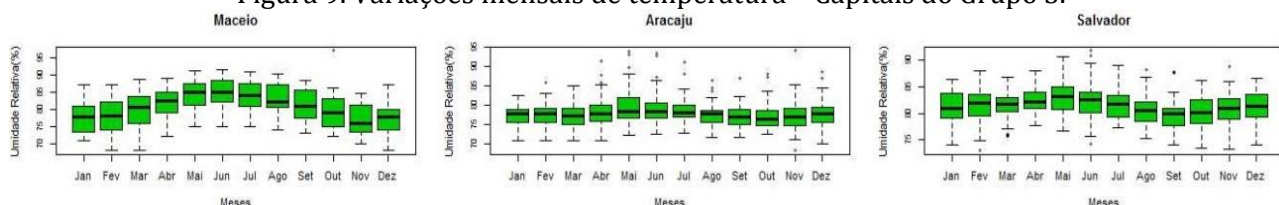


Figura 10. Variações mensais de umidade relativa – Capitais do Grupo 3.

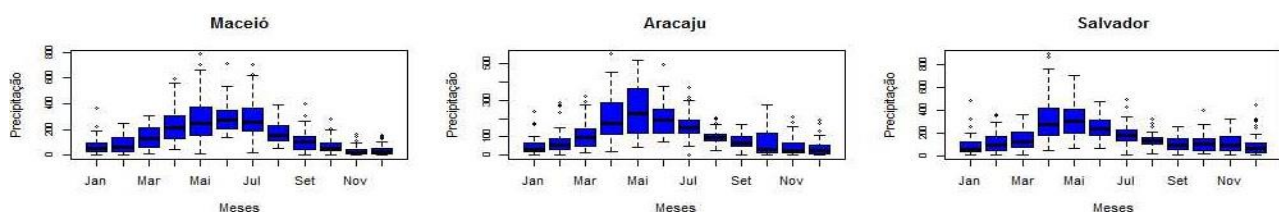


Figura 11. Variações mensais de precipitação – Capitais do Grupo 3.

Para Kousky (1979), o máximo de chuvas nesse período está ligado a maior atividade de circulação de brisa marítima que advectaria bandas de nebulosidade para o continente, e a ação de frentes frias, ou seus remanescentes, que se propagam ao longo da costa.

O comportamento dessas variáveis pode ser explicado também devido à presença dos distúrbios de leste associados à convecção de umidade do oceano Atlântico, durante o período de maio a junho, além da presença de outros sistemas atmosféricos característicos de latitudes mais ao sul, tendo como principal mecanismo de precipitação a estacionariedade dos sistemas frontais alimentados pela umidade proveniente do Atlântico Sul, que definem a ZCAS, sistemas pré-frontais, convecção local e brisas de mar e terra no litoral. O aumento da precipitação no início do ano, de janeiro a março, pode ser explicado devido à atuação dos VCANs.

Regressão Dinâmica: Litoral Norte do Nordeste Brasileiro

A análise de regressão Dinâmica foi realizada com ênfase no Grupo 2 (Litoral Norte do Nordeste Brasileiro), por motivos dele apresentar valores bem mais correlacionados em comparação aos demais grupos, e além do mais, deter como componente chave desse estudo a cidade do Natal – RN.

Analizando as séries e suas combinações, foi efetivada uma filtragem dos dados e, conseqüentemente, sua redução na variação de amplitude vertical na distribuição dos dados com ADL em relação aos dados que foram observados.

Quando se incorpora o termo sazonal à ADL (dmf1, dmf2, dmf3 e dmf4), observa-se uma diminuição na altura inicial da variação na amplitude vertical dos dados com ADL, em relação aos observados, estando demonstrado na Figura 12.

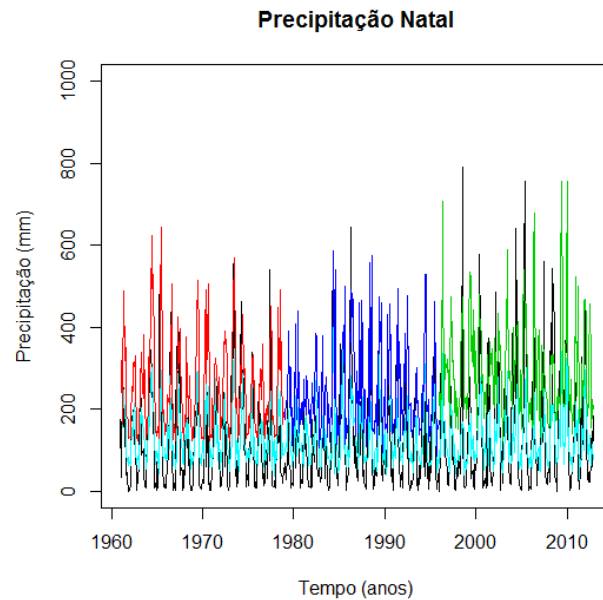


Figura 12. ADL em relação aos dados observados com amplitude vertical reduzida.

Sendo assim, foi realizada uma correlação entre os métodos, e quanto menor a correlação entre os dados, maior é a altura inicial da variação de amplitude do ADL em relação aos dados observados, demonstrado na Figura 13. Assim, (Δx): $dfm3 > dfm2 > dfm1$.

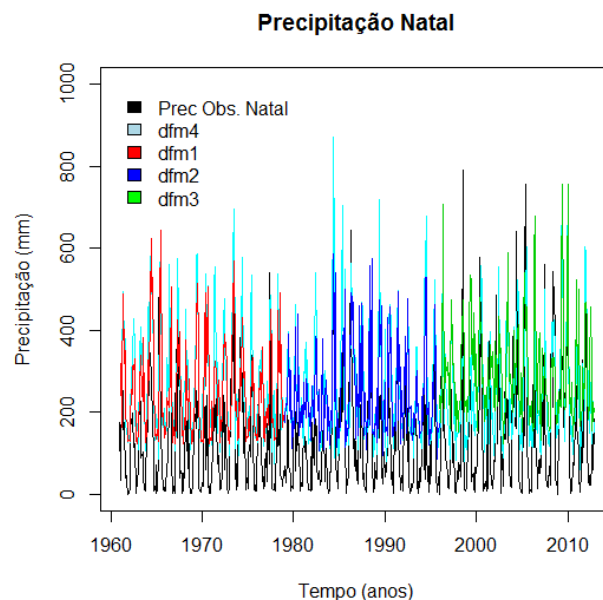


Figura 13. ADL em relação aos dados observados com amplitude vertical ampliada.

As $dmf5$ e $dmf6$ nada mais são do que as ADL de $dfm1$ e $dfm4$, mas com a variação de tempo total de 51 anos desmembradas em dois períodos: 1961 a 1986 para $dmf5$, e 1987 a 2012 para $dmf6$. Por se tratar de um filtro, a ADL para $dmf5$ teve uma melhor resposta uma vez que eliminou mais ruídos. Apesar da altura inicial em $dmf6$ ter sido menor ($\Delta dfm6 > \Delta dfm5$), na $dmf5$ a variação vertical dos dados filtrados foi menor.

Observa-se, na Figura 14, o ajuste dos dados.

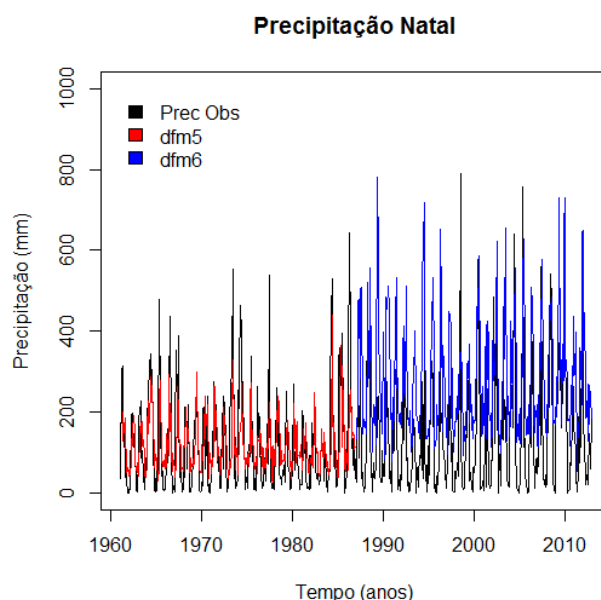


Figura 14. ADL em relação aos dados observados com amplitude vertical ampliada.

Na dfm5, observa-se 2 pontos de significância maior que 5% [L(Prec-C) com lag 1, e L(Prec-D) com lag 3]. Porém, em dfm6 foram notados 3 pontos com significância bem maior que 5% [L(Prec-C) com lag 1 e 2, e L(Prec-D) com lag 2]. Portanto, dfm5 teve um melhor ajuste, com erro residual padrão bem menor que dfm6.

O próximo passo foi adicionar o termo de sazonalidade nos dados com ADL, onde que a dfm4 permaneceu com a mesma variação de tempo, diferentemente de dfm5 e dfm6. Os resultados apontam 2 pontos de significância maior que 5% [L(Prec-C) com lag 2, e L(Prec-D) com lag 2] e mesmos valores de p e t-valor, para ambas ADL (dfm5 e dfm4).

O software R-quadrado ajustado foi o mesmo, apresentando variações nos valores residuais com menor erro padrão ajustado para a dfm1 em comparação a dfm4, obtendo na dfm1 o melhor filtro.

Posteriormente, fez-se uma relação entre a ADL da precipitação de Natal – RN com a de João Pessoa – PB, gerando a dfm7 exposta na Figura 15, com a cidade do Recife – PE, gerando a dfm8 exposta na Figura 16, igualmente para o mesmo período de tempo inicial, de 1961 até 2012, e com os mesmos lags (1:3), a fim de se verificar como seria o comportamento da correlação entre os dados amostrais inicialmente obtidos nesta pesquisa.

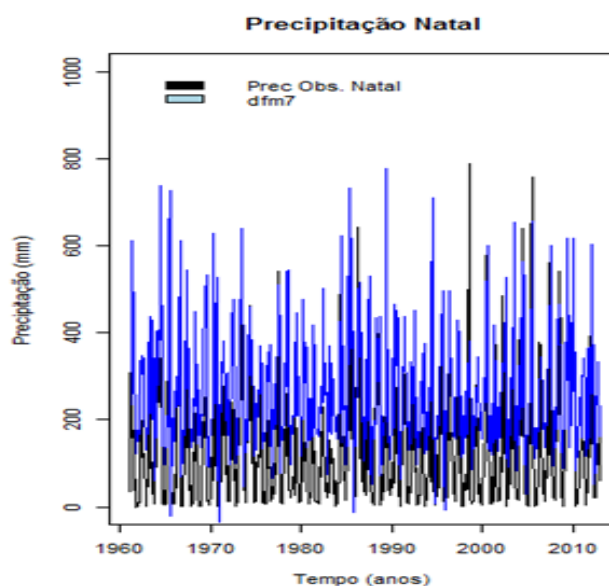


Figura 15. ADL em relação a precipitação de Natal e João Pessoa.

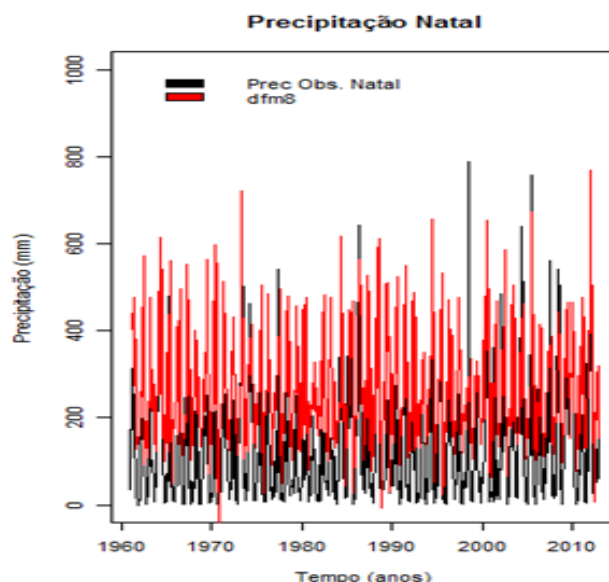


Figura 16. ADL em relação a precipitação de Natal e Recife.

Conclusão

Observando as correlações para cada grupo, as capitais que expuseram as melhores similaridades no grupo 1 foram São Luiz e Fortaleza, no grupo 2, João Pessoa e Recife, e no grupo 3 Aracaju e Salvador, no tocante às variáveis temperaturas, umidade relativa e precipitação, e isto pode ser explicado devido aos posicionamentos geográficos semelhantes, juntamente do regime de chuvas e climatologia do local, além da presença de fatores atmosféricos comuns a ambas.

Todas as variáveis apresentaram-se bem correlacionadas, das quais o aumento de umidade relativa condiz com a diminuição da temperatura, e este aumento da umidade está relacionado ao aumento da precipitação notável em ambos os grupos. Já a diminuição da umidade condiz com a diminuição da precipitação, e assim, ocasiona o aumento da temperatura, para as 3 regiões.

No extremo norte do Nordeste, pôde-se observar que os valores mais significativos de precipitação ocorrem entre os meses de janeiro a maio, denotando o principal regime de chuvas para a região, influenciados pela presença significativa da ZCIT, também podendo ser explicada pelas influências dos VCANs no primeiro trimestre. E para essas capitais, o período mais seco ocorre de junho a novembro.

No litoral norte do Nordeste, o regime de chuva ocorre principalmente entre os meses de abril e junho, devido à presença da ZCIT associada pela influência dos ventos alísios e as brisas marítimas e terrestres, e pela convergência de umidade advinda do Atlântico, além também dos distúrbios ondulatórios de leste comuns neste período. Já o período seco ocorre de setembro a dezembro.

No litoral sul do Nordeste, pode-se notar que o regime chuvoso ocorre durante os meses de maio a julho, mediante a presença dos distúrbios ondulatórios de leste, da convecção do oceano atlântico, e das brisas marítimas e terrestres, além da presença de outros sistemas mais ao sul, como atividades das bandas de nebulosidade advindas dos remanescentes das frentes frias e das ZCAS. O período seco ocorre entre os meses de setembro a dezembro.

Outro fator importante para o regime de chuvas no Nordeste, em geral, pode estar associado à variabilidade interanual do El Niño-Oscilação Sul (ENOS), onde períodos com aumento significativo da precipitação no NEB estão associados aos anos com eventos La Niña, e os períodos de seca no NEB estão associados à influência dos eventos El Niño, e isto pode ser observado nas séries de precipitação e suas decomposições para todas as capitais.

Na definição do modelo de Regressão Dinâmica adequado, foi necessário levar em conta não só a significância dos parâmetros, mas também uma possível estrutura lógica do modelo. Em síntese, na escolha de um modelo de regressão, não é necessário apenas encontrar um ajuste de parâmetros adequados, mas fundamentalmente verificar se os coeficientes estimados são coerentes. Dessa forma, demonstrou-se que o modelo utilizado foi bem adequado aos dados, originando uma resposta satisfatória.

Portanto, a análise climatológica apresentou-se de grande importância para o entendimento das principais variáveis, como temperatura, umidade relativa e precipitação, além de sua variabilidade anual, para compreender a influência e comportamento dos principais sistemas atuantes na região Nordeste em associação com fenômenos de escala interanual, que são os principais agentes reguladores das chuvas para a região.

Referências Bibliográficas

- CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A.; DIAS, M. A. F. S. Tempo e Clima no Brasil. São Paulo. Oficina de textos. 1.a Ed. 2009. 464p.
- CITEAU, J.; CAMMAS, J. P.; GOURIOU, Y.; GUILLOT, B. Questions about the ITCZ migration over the Tropical Atlântic, sea surface temperature in the Gulf of Guinea and flow of Senegal River. In: CCCO Meeting, 1985, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro-RJ, 1985.
- COHEN, J. C. P.; SILVA DIAS, M. A F.; NOBRE, C. A. Aspectos climatológicos das linhas de instabilidades da Amazônia. Climanálise, v.4, n.11, p.34-39, 1989.
- FERREIRA, N. J.; CHAN, C. S.; SATYAMURTI, P. Análise dos distúrbios ondulatório de leste sobre o Oceano Atlântico Equatorial Sul. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 1990. Anais... Salvador, 1990.
- FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. da. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r). Revista Política Hoje, v.18, n.1 2009.
- GUTMAN, G. J.; SCHWERDTFEGER, W. The role of latent and sensible heat for the development of a high-pressure system over the subtropical Andes, in summer. Jg. Heft, v.18, n.3, 1965.
- HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil. Q. Jour Roy. Meteor. Soc., v.103, p.77-92, 1977.
- INMA. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em: 4 de dezembro de 2016.
- KOUSKY, V. E. Frontal influences on Northeast Brazil. Mon. Weather. Ver., v.107, n.9, p.1140-1153, 1979.
- MACHADO, L. A. T.; GUEDES, R. L.; ALVES, M. A. S. Características estruturais de sistemas convectivos e forçantes da convecção na América do Sul observados por satélites. Clima análise 10 anos, CPTEC/INPE, p.110-122, 1997.
- MOLION, L. C. B, BERNARDO, S. O. Dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. Revista Brasileira de Meteorologia, v.17, n.1, p.1-10, 2002.
- RAO, V. B.; SATYAMURTI, P.; BRITO, J. J. B. On the 1983 drought in Northeast Brazil, J. Climatology, v.6, p.43-51, 1986.
- STANTON, J. M. Galton, Pearson, and the peas: A brief history of linear regression for statistics instructors. Journal of Statistical Education, v.9, n.3, 2001.
- STRANG, D. Mc. G. D. Análise climatológica das normais pluviométricas do Nordeste Brasileiro. C.T.A. (Relatório Técnico I.A.E M 02/72). São José dos Campos, 1972.
- UVO, C. R. B.; NOBRE, C. A.; CITRAN, J. Análise da posição da zona de convergência intertropical (ZCIT) no Atlântico equatorial e sua relação com a precipitação no Nordeste do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 11, 1988, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro, RJ, 1988. p.323-327.

APTIDÃO CLIMÁTICA PARA O ALGODÃO HERBÁCEO (*Gossypium hirsutum*) NO ESTADO DA PARAÍBA

¹Paulo Roberto Megna Francisco

²Djail Santos

¹Pós-Doutor em Agronomia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB,
paulomegna@gmail.com.br

²Dr. em Ciência do Solo, Prof. Titular Dep. de Solos e Engenharia Rural, Universidade Federal da Paraíba, UFPB,
Areia-PB, Brasil. santosdj@cca.ufpb.br

Introdução

A agricultura é uma das atividades econômicas que apresenta uma dependência do tempo e do clima (SOUZA et al., 2004) e de acordo com Ortolani e Camargo (1987) está sujeita à variabilidade do clima, do mercado e da política agrária, tornando-se instável e de alto risco, devendo ser bem planejada para garantir o seu sucesso. Entre todas as atividades econômicas, é a que mais depende das condições climáticas, sendo esta responsável por 60 a 70% da variabilidade final da produção.

A Paraíba tem como característica climática marcante a irregularidade, tanto espacial quanto temporal, do seu regime de chuvas. De acordo com Ramalho Filho e Pereira (1999), a instabilidade do sistema solo-clima-vegetação é naturalmente mais acentuada que em outras regiões de clima mais ameno, onde a informação sobre a aptidão edáfica das culturas torna-se ainda mais valiosa (MENEZES et al., 2010). Nesse aspecto, o estudo do comportamento espacial de elementos climáticos, como a precipitação, a temperatura e umidade do ar são ferramentas essenciais ao planejamento agrícola e podem ser melhor visualizadas quando mapeadas em áreas de aptidão para a cultura desejada (SILVA et al., 2010).

Conforme Amaral e Silva (2006), um dos fatores ambientais que mais interferem no crescimento e no desenvolvimento das plantas é a temperatura do ar, por afetar a fenologia, a expansão foliar, o alongamento dos inter-nós, a produção de biomassa e a partição de fotoassimilados em diferentes partes da planta (REDDY et al., 1995; SNIDER et al., 2009; ANDRADE JÚNIOR et al., 2009).

O cultivo do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. *raça latifolium* Hutch) se constitui uma atividade de grande importância socioeconômica para a região nordeste, principalmente no semiárido, permitindo renda ao produtor, seja na oferta de matéria prima para a indústria têxtil e oleaginosa, seja na geração de empregos e renda, onde é explorada por pequenos e médios agricultores. A produção de algodão é uma atividade importante para agricultura familiar no semiárido, devido suas características de resistência à seca (CARMONA et al., 2005).

O algodão é uma planta de origem tropical e é cultivado economicamente em países subtropicais acima da latitude de 30°N até 30°S. É considerada uma planta com elevada capacidade de resistência à seca, apesar de apresentar metabolismo fotossintético do tipo C3 ineficiente, com elevada taxa de fotorrespiração, e que reduz substancialmente o coeficiente fotossintético (BELTRÃO, 2006), comprometendo cerca de 38% da fotossíntese (ROSOLEM, 2007). Seu crescimento é marcado por uma complexa morfologia, em que órgãos vegetativos e reprodutivos se desenvolvem simultaneamente, dificultando o monitoramento do seu crescimento em resposta a alterações climáticas.

Para alcançar altas produtividades e qualidade de fibra o algodoeiro requer boa disponibilidade de água e temperaturas adequadas, sendo imprescindível a avaliação das condições de solo, temperatura e pluviosidade antes do plantio. A água é o principal fator limitante à cultura que necessita de 550 a 1500mm de precipitação durante o ciclo, podendo necessitar de mais de 10mm de água por dia (100 t de água/ha por dia), quando se encontra em processo de floração e enchimento dos frutos. Em geral, a cultura requer água suficiente para permitir pelo menos 700mm de evapotranspiração durante o ciclo de forma a manter produtividades acima de 2000 kg ha⁻¹ (TENNAKOON & MILROY, 2003).

Altas demandas evaporativas retardam o crescimento, tornando também o controle da temperatura e da umidade relativa um grande desafio à produção. De fato, qualquer fator que provoque redução na fotossíntese ou aumento no gasto metabólico provocará queda das estruturas reprodutivas e consequente redução na produtividade do algodoeiro (ROSOLEM, 2007). O algodão exige umidade no

solo durante a germinação da semente, para o início do desenvolvimento das plântulas e, notadamente para o período compreendido entre a formação dos primeiros botões florais ao início da abertura dos frutos. Entretanto, o encharcamento do solo, em qualquer fase da vida provoca avermelhamento, perda de frutos e redução da produção (LANDIVAR et al., 2010; ANDRADE JÚNIOR et al., 2009). A planta é particularmente sensível a baixa luminosidade, sendo necessário insolação em 2.500 horas luz/ano, em torno de 6,5 horas/dia como mínimo e umidade relativa do ar inferior a 70%. Ao final do ciclo, o algodoeiro exige um período seco para possibilitar a perfeita secagem do fruto e sua deiscência. Chuvas intensas nessa fase podem causar o acamamento das plantas o que, durante a floração, provoca queda dos botões florais e das maçãs jovens (LACA-BUENDIA et al., 1997; BARROS et al., 2012).

Assim, a temperatura é outro importante fator limitante à produtividade. Durante a fase de desenvolvimento das flores, inúmeros processos, como o desenvolvimento do pólen e fertilização são reduzidos em temperaturas superiores a 32°C (SNIDER & OOSTERHUIS, 2012). A germinação do algodoeiro é favorecida na faixa entre 20 e 30°C. Temperaturas médias do ar entre 27 e 32°C são ideais para o crescimento, desenvolvimento e retenção dos frutos. Porém, acima de 35°C, ocorre elevada queda dos botões florais e de frutos jovens (shedding) (REDDY et al., 1995; ROSOLEM, 2007; SNIDER et al., 2009), o que reduz substancialmente a capacidade produtiva das plantas. No semiárido, o estresse devido às altas temperaturas é um fator que ocorre com maior frequência a partir do início do desenvolvimento vegetativo do algodoeiro, podendo resultar em decréscimo de área foliar, diminuição da produção total de matéria seca (REDDY et al., 1995) e, aumento da proporção de ramos vegetativos (SNIDER & KAWAKAMI, 2014).

A evapotranspiração potencial ou de referência (ET_o) é o fenômeno associado à perda simultânea de água do solo pela evaporação e da planta pela transpiração. O Índice Padronizado de Precipitação-Evapotranspiração de (SPEI) foi projetado para levar em conta tanto a precipitação quanto a evapotranspiração de referência (ET_o) na determinação da seca e é dado pela relação entre a precipitação (P) e a ET_o. Assim, o SPEI capta o impacto do aumento das temperaturas na demanda de água pela cultura.

Considerando a importância as condições climáticas para o algodoeiro, a identificação de áreas de potencial de produção torna-se o primeiro passo no planejamento agrícola. Além da diversidade de solo, deve-se quantificar os diferentes elementos climáticos que geram aptidões diferenciadas para a produção. Assim, esse estudo objetiva elaborar o mapeamento da aptidão climática para a cultura do algodoeiro herbáceo para o Estado da Paraíba em três cenários de pluviométricos através da correta identificação e quantificação dos elementos climáticos, de forma a reduzir o risco de perdas pelo produtor, que pode ter seu planejamento beneficiado com mapas adequados ao plantio de sequeiro na sua região.

Material e Métodos

O Estado da Paraíba localizado na região Nordeste do Brasil, apresenta uma área de 56.372 km², que corresponde a 0,662% do território nacional (Figura 1). Seu posicionamento encontra-se entre os paralelos 6°02'12" e 8°19'18"S, e entre os meridianos de 34°45'54" e 38°45'45"W (FRANCISCO, 2010).

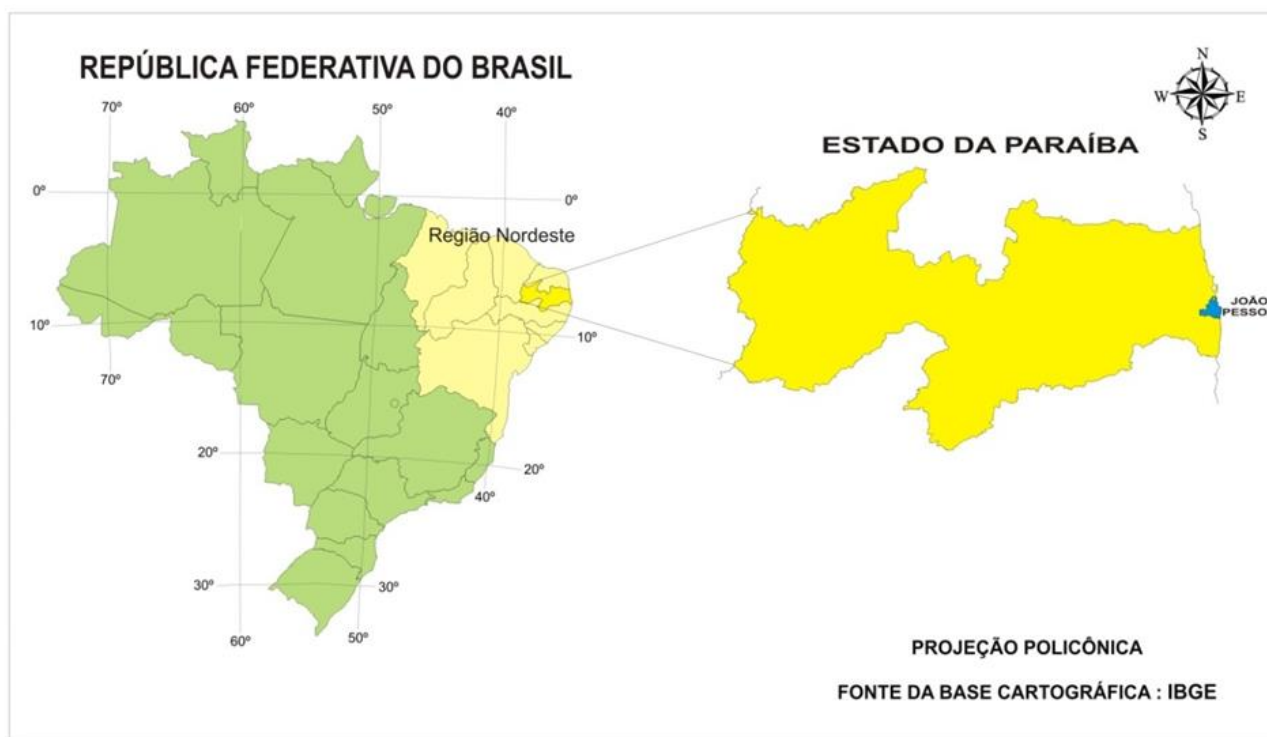


Figura 1. Localização da área de estudo. Fonte: Francisco (2010).

O relevo do Estado da Paraíba apresenta-se de forma geral bastante diversificado, constituindo-se por formas de relevo diferentes trabalhadas por diferentes processos, atuando sob climas distintos e sobre rochas pouco ou muito diferenciadas. No tocante à geomorfologia, existem dois grupos formados pelos tipos climáticos mais significativos do Estado: úmido, subúmido e semiárido. O uso atual e a cobertura vegetal caracterizam-se por formações florestais definidas como caatinga arbustiva arbórea aberta, caatinga arbustiva arbórea fechada, caatinga arbórea fechada, tabuleiro costeiro, mangues, mata-úmida, mata semidecidual, mata atlântica e restinga (PARAÍBA, 2006).

O clima caracteriza-se por temperaturas médias elevadas (22 a 30°C) e uma amplitude térmica anual muito pequena, em função da baixa latitude e elevações (<700m) (VAREJÃO-SILVA et al., 1984). De acordo com Francisco et al. (2015) os meses com temperaturas mais baixas são os meses de junho, julho e agosto, enquanto os meses mais quentes são outubro, novembro e dezembro no Estado como um todo, sendo esses os meses com os menores índices de precipitação pluviométrica, pois é o período mais seco da região (Figura 2).

A caracterização climática da região Nordeste é um pouco complexa, conforme afirma Silva et al. (2008), pois constitui domínio dos climas quentes de baixas latitudes, apresentando temperaturas médias anuais sempre superiores a 18°C, verificando-se desde territórios mais secos no interior até mais úmidos, na costa leste da região. Conforme Sales e Ramos (2000), em todo o Nordeste brasileiro e no território paraibano, as variações de temperatura do ar dependem mais de condições topográficas locais do que daquelas decorrentes de variações latitudinais.

A precipitação varia de 400 a 800mm anuais, nas regiões interiores semiáridos, e no Litoral, mais úmido, pode ultrapassar aos 1.600mm (VAREJÃO-SILVA et al., 1984). De acordo com Francisco et al. (2015) a distribuição da precipitação pluviométrica ocorre de forma irregular e com grande variação durante todo o ano e sua distribuição anual demonstra a alta variabilidade espacial de precipitação no setor central do Estado com menores valores em torno de 300 a 500mm; no Sertão e Alto Sertão em torno de 700 a 900mm; no Brejo e Agreste de 700 a 1.200mm; e no Litoral em média de 1.200 a 1.600mm (Figura 3).

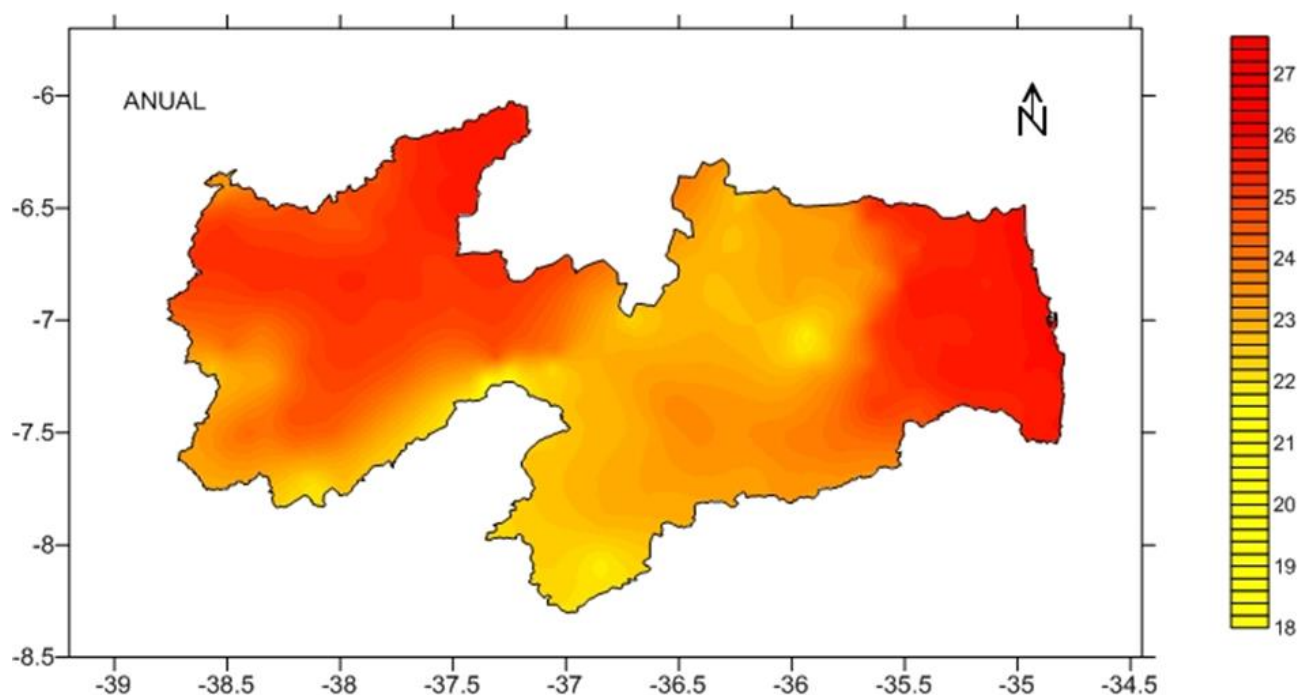


Figura 2. Temperatura (°C) média anual do Estado da Paraíba. Fonte: Francisco et al. (2015).

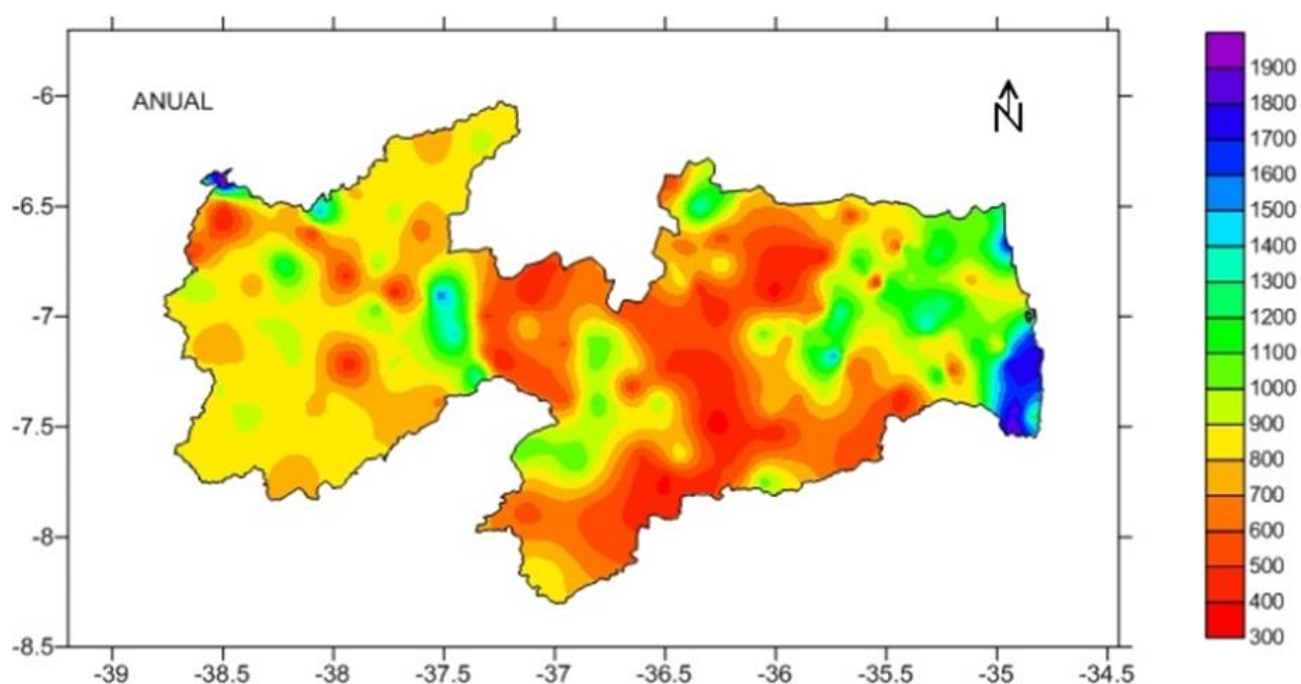


Figura 3. Pluviosidade anual média dos últimos 102 anos (mm). Fonte: Francisco et al. (2015).

Francisco et al. (2016a) observam que a evapotranspiração de referencia anual (Figura 4) no Litoral ocorre uma média de aproximadamente $1.500 \text{ mm.ano}^{-1}$, na região do Brejo a evapotranspiração cai para $1.450 \text{ mm.ano}^{-1}$, diminuindo significativamente no Agreste em torno de $1.150 \text{ mm.ano}^{-1}$, sendo as menores taxas ocorridas no Cariri/Curimataú e parte do Alto Sertão entre 1.000 a $1.100 \text{ mm.ano}^{-1}$, e tornado a crescer no Sertão e parte do Alto Sertão.

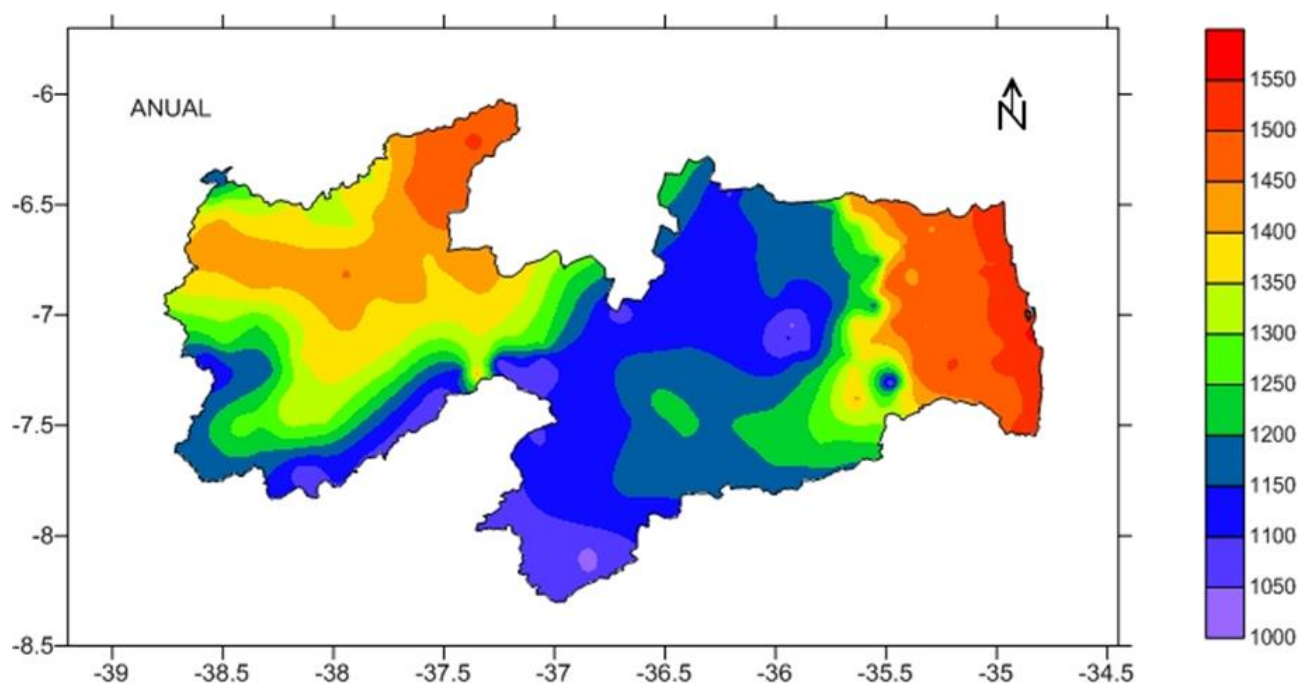


Figura 4. Evapotranspiração de referência anual do Estado da Paraíba. Fonte: Francisco et al. (2016a).

Conforme Francisco et al. (2015a), a classificação de Thornthwaite (Figura 5) em relação a de a classificação de Köppen, demonstra ser muito mais sensível aos montantes de chuva, temperatura e ao relevo, por resultar em um número maior de tipos de clima, nesse caso totalizando 6 tipos: DdA'a' Semiárido, localizado na região do Cariri ao sul do Estado e no Curimataú ao norte e na região do Alto Sertão; C₁S₂A'a' seco e subúmido com grande deficiência distribuída por toda região semiárida; e os tipos C₂rA'a', C₂W₂Sa', C₂SA'a' e C₂rA'a' úmido e subúmido de pequena a moderada deficiência distribuída na região do Litoral.

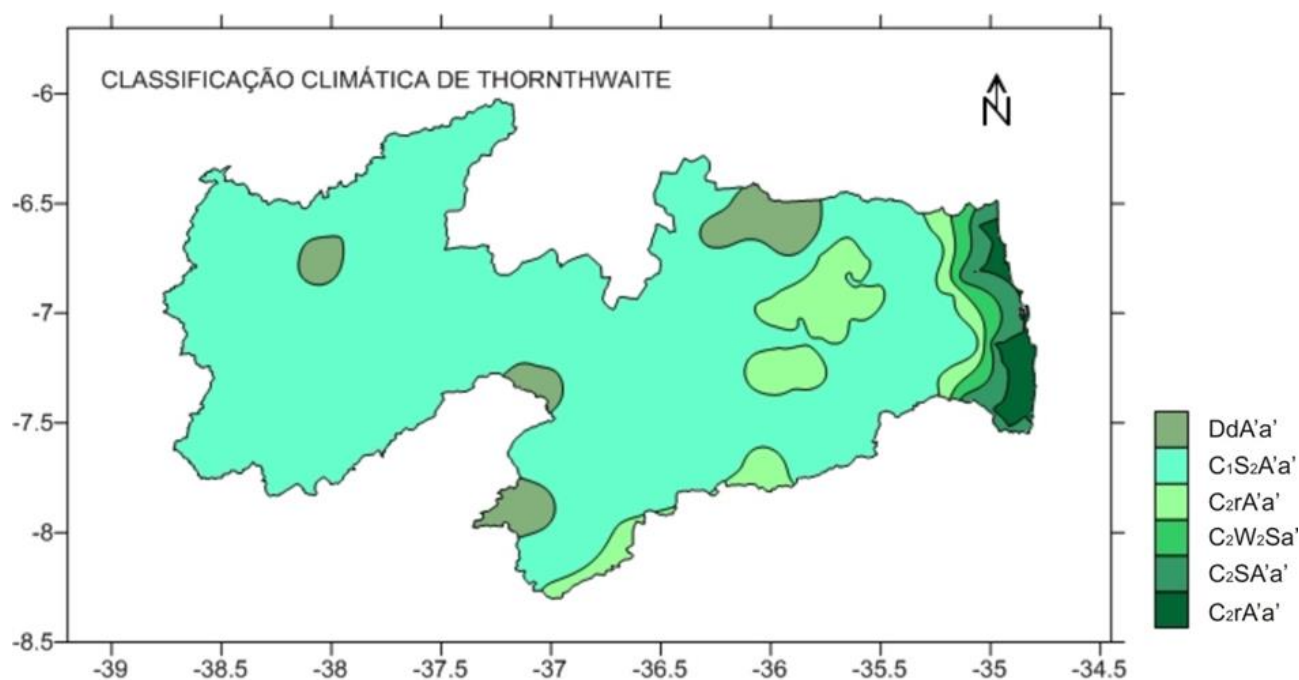
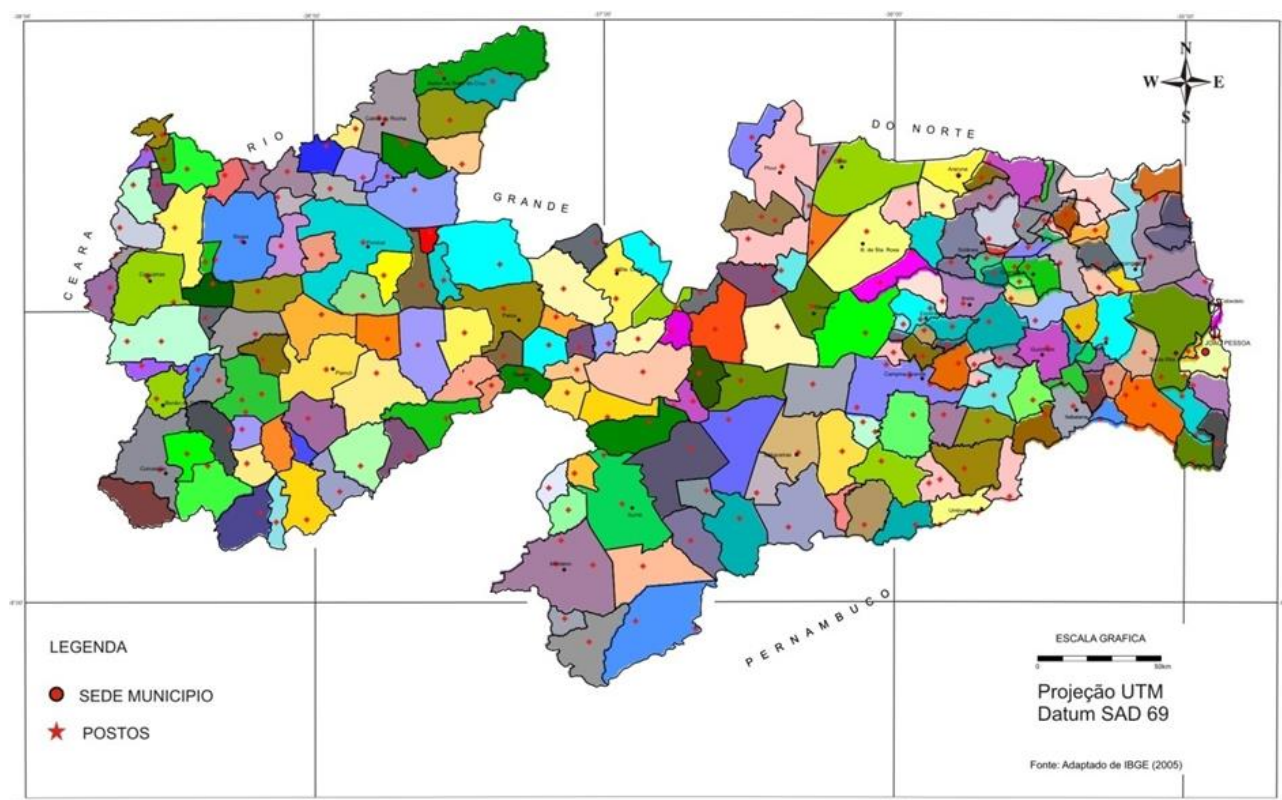


Figura 5. Classificação climática de Thornthwaite do Estado da Paraíba. Fonte: Francisco et al. (2015a).

Na metodologia de trabalho, para o cálculo da pluviosidade, utilizaram-se os dados obtidos por Francisco et al. (2015), onde os totais mensais de precipitações foram obtidos nos postos pluviométricos da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAPB), onde foram selecionados postos que possuem vinte ou mais anos de observações, conforme distribuição espacial demonstrada na Figura 6. Francisco et al. (2015), procedeu de uma análise no tocante à sua consistência,

homogeneização e no preenchimento de falhas em cada série, e elaborou uma planilha eletrônica com os dados obtidos onde calculou as médias mensais e anuais.



Para o cálculo da temperatura média do ar, da pluviosidade, da evapotranspiração de referência e do balanço hídrico foram estimados pelo método de Thornthwaite e Mater (1948; 1955).

No cálculo da temperatura média do ar foram utilizados os dados estimados pelo software Estima_T (CAVALCANTI & SILVA, 1994; CAVALCANTI et al., 2006) e especializados pelo método estatístico de interpolação de krigagem simples.

A discriminação dos cenários pluviométricos seguiu a metodologia proposta por Varejão e Barros (2002) e utilizada por Francisco et al. (2015) onde para cada posto pluviométrico, foi estabelecido o total de precipitação pluviométrica registrado nos três meses consecutivos mais chuvosos de cada ano hidrológico completo e em seguida, a distribuição gama incompleta (ASSIS et al., 1996), seguindo a conceituação de Thom (1958), foi ajustada à série desses totais em cada posto, seguindo a metodologia indicada por Mielke (1976) e utilizada por Barros et al. (2012). A qualidade do ajustamento da curva teórica aos valores observados foi verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (MASSEY, 1980) ao nível de significância de 95%.

No cálculo da evapotranspiração potencial (ETP) foram utilizados os dados obtidos pela estimativa da ETo, onde requer apenas dados de temperatura média mensal do ar e da insolação máxima expressa em mm/mês, definida a evapotranspiração de referência de acordo com Thornthwaite e Mather (1948; 1953).

Para o cálculo do balanço hídrico foram utilizados os dados obtidos para capacidade de campo de armazenamento de água no solo (CAD) de 100mm, onde o modelo utilizado foi o proposto por Thornthwaite (1948; 1953). De acordo com Tubelis e Nascimento (1992), o balanço hídrico utilizado calcula a disponibilidade de água no solo para as comunidades vegetais, em que contabiliza a precipitação perante evapotranspiração potencial, levando em consideração a capacidade de campo de armazenamento de água no solo.

Para avaliação de aptidão climática da cultura do algodão herbáceo foram utilizados os critérios conforme a metodologia adaptada de Barros et al. (2012), onde levaram em conta a relação entre a precipitação (P) e a evapotranspiração (ETo) em cada mês i ($i = 1, 2, 3$) do ciclo vegetativo (Tabela 1).

Para o cálculo do P_i/ET foi utilizada uma planilha e selecionado os três meses consecutivos de chuvas (TMC) para cada região pluviométrica obtendo-se os valores médios e elaborado o cálculo dos três cenários, seco, regular e chuvoso de probabilidade de chuvas de 25, 50 e 75% respectivamente. Para a espacialização dos dados foi utilizado o programa Surfer 9.0 e recortado utilizando os limites do Estado utilizando arquivo digital de IBGE (2009).

Tabela 1. Critérios utilizados na avaliação de aptidão climática da cultura do algodão herbáceo

Aptidão Climática	P_i/ET_{0i}
Moderada por excesso hídrico – C3	$\geq 2,5$
Plena com período chuvoso prolongado – C2	$2,5 > P_i/ET_{0i} \geq 1,5$
Plena sem restrição – C1	$1,5 > P_i/ET_{0i} \geq 1,0$
Moderada por deficiência hídrica – C4	$1,0 > P_i/ET_{0i} \geq 0,7$
Inapta por deficiência hídrica acentuada – C5	$P_i/ET_{0i} < 0,7$

Fonte: Adaptado de Barros et al. (2012).

Resultados e Discussão

No mapa de aptidão climática para a cultura do algodão herbáceo (Figura 7), cenário seco com 25% de probabilidade, observa-se o predomínio da classe de aptidão Inapta por deficiência hídrica acentuada (C5) em 0,63% da área abrangendo quase todas as regiões do Estado, e ocorrendo na região do Litoral Sul a classe de aptidão Moderada por deficiência hídrica (C4) em 99,37%, ocupando 0,63% e 99,37% da área do Estado, respectivamente (Tabela 2). As demais classes de aptidão não ocorreram no cenário seco.

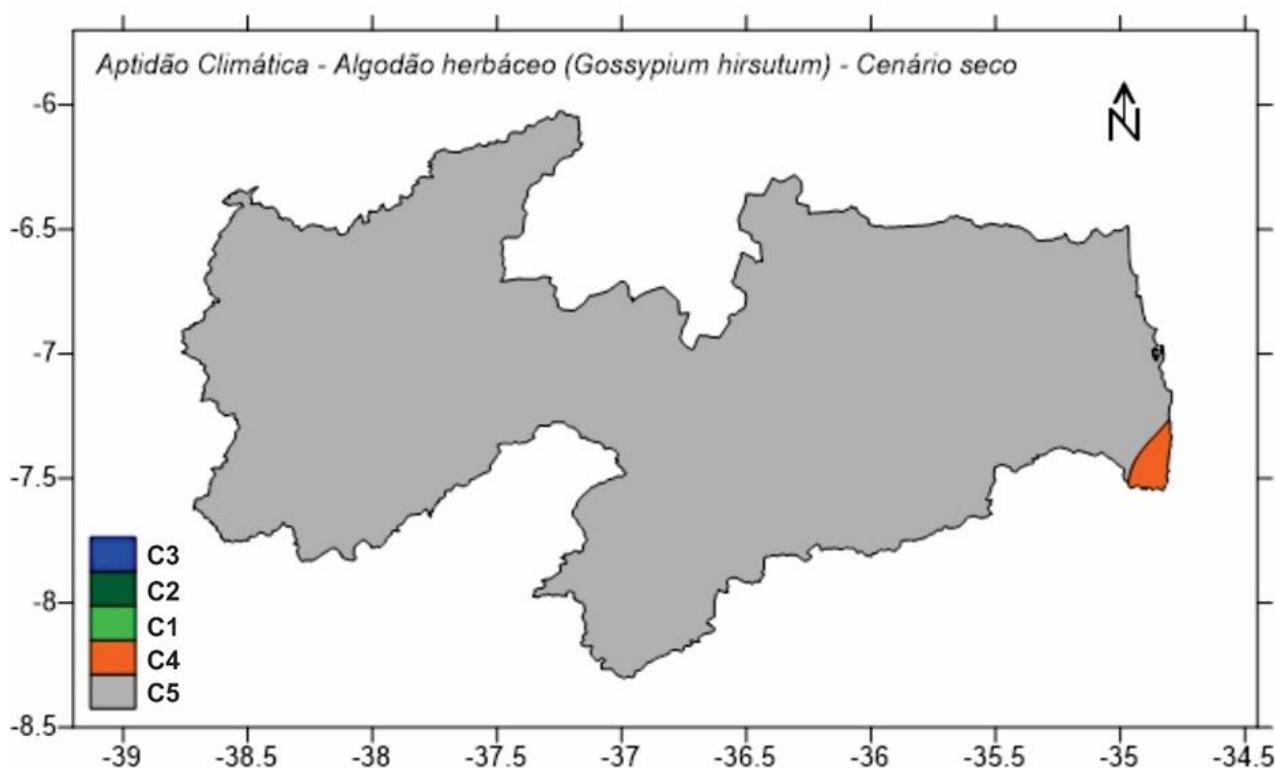


Figura 7. Aptidão climática para cultura do algodão herbáceo para o cenário seco.

Francisco et al. (2015) elaborando uma Análise e Mapeamento dos Índices de Umidade, Hídrico e Aridez através do BHC para o Estado da Paraíba, observaram que a distribuição temporal da temperatura do ar médio anual para o Estado da Paraíba oscila entre 21,5 a 26°C, e que os valores mais elevados, deve-se aos fatores atuantes na atmosfera como alta intensidade dos raios solares, e baixas coberturas de nuvens, flutuações irregulares da umidade relativa do ar e a oscilação da pressão atmosférica. Com relação à distribuição anual, observa-se a alta variabilidade espacial de precipitação no setor central do Estado, regiões do Cariri/Curimataú, com os menores valores de precipitação, no

Sertão e Alto Sertão. Já no Brejo e Agreste e Litoral apresentam-se valores maiores. Resultados compatíveis com os encontrados nos resultados deste trabalho.

Tabela 2. Classes de aptidão climática para cultura do algodão herbáceo nos 3 cenários pluviométricos

Legenda	Aptidão climática	Cenário pluviométrico					
		Seco		Regular		Chuvoso	
		km ²	%	km ²	%	km ²	%
C1	Plena	0,00	0,00	3.160,56	5,60	24.747,33	43,91
C2	Plena com período chuvoso prolongado	0,00	0,00	17,53	0,05	2.520,79	4,47
C3	Moderada por excesso hídrico	0,00	0,00	0,00	0,00	647,34	1,15
C4	Moderada por deficiência hídrica	356,56	0,63	21.599,21	38,31	13.317,02	23,62
C5	Inapta por deficiência hídrica acentuada	56.015,44	99,37	31.594,70	56,04	15.132,52	26,85

Para o cenário regular com 50% de probabilidade de chuvas (Figura 8), observa-se que 5,6% da área do Estado (Tabela 1), apresenta aptidão climática Plena (C1), com 3.160,56 km², ocorrendo na região do Litoral e em pequena região do Brejo paraibano, próximo ao município de Areia. Para a classe Moderada por deficiência hídrica (C4) com aumento gradativo da escassez hídrica, limitando o plantio, observa-se que ocorrem em parte das regiões do Agreste e Brejo ao leste do Estado, e em boa parte do Sertão e Alto Sertão do Estado, com 21.599,21 km² representando 38,31% da área total.

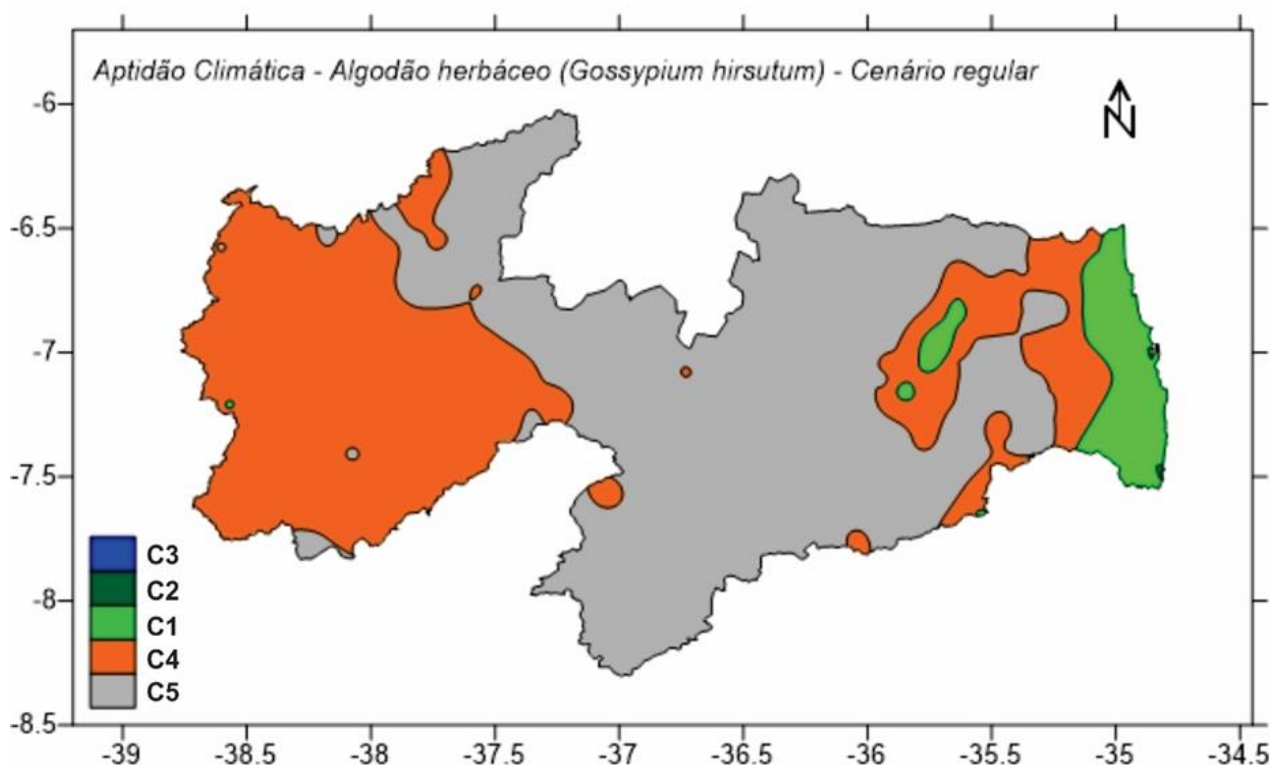


Figura 8. Aptidão climática para cultura do algodão herbáceo para o cenário regular.

A classe de aptidão Inapta por deficiência hídrica acentuada (C5), com 31.594,7 km² representando 56,04% da área total, abrange boa parte do Agreste e Brejo no sentido leste do Estado, a região do Cariri/Curimataú sobre o planalto da Borborema e parte do Sertão voltado com a divisa ao norte com o Estado do Rio Grande do Norte e outras pequenas áreas ao sul, divisa com Pernambuco.

As regiões que apresentaram boa significância, com probabilidades de ocorrência de chuvas a 50% para o Estado da Paraíba foram o Litoral, parte da região do Agreste e Brejo. A região do Sertão e Alto Sertão apresentaram boa significância com chuvas de intensidades moderada a fraca, e na área do Cariri/Curimataú chuvas isoladas e com baixa significância.

Pereira et al. (2012) relatam que a região do Sertão Paraibano apresenta uma maior taxa de água evapotranspirada quando comparada as outras regiões. Os mesmos descrevem que as mesorregiões do Sertão, Borborema e Agreste possui um baixo índice de precipitação quando comparada a alta

evapotranspiração anual ocorrida, sendo o maior volume pluviométrico advinda na região Litoral do estado.

No mapa de aptidão climática para a cultura do algodão herbáceo no cenário chuvoso com 75% de probabilidade (Figura 9), observa-se que 1,15% da área do Estado em 647,34 km² (Tabela 1), apresenta aptidão climática Moderada por excesso hídrico (C3) localizada somente na região do Litoral Sul englobando o município de Alhandra e região. A classe de aptidão climática Plena com período chuvoso prolongado (C2) com 2.520,79 km² representando 4,47% da área total, ocorre em toda a faixa litorânea e em parte da região do Brejo próximo ao município de Areia e outra ocorrência próximo ao município de Campina Grande, região do Agreste.

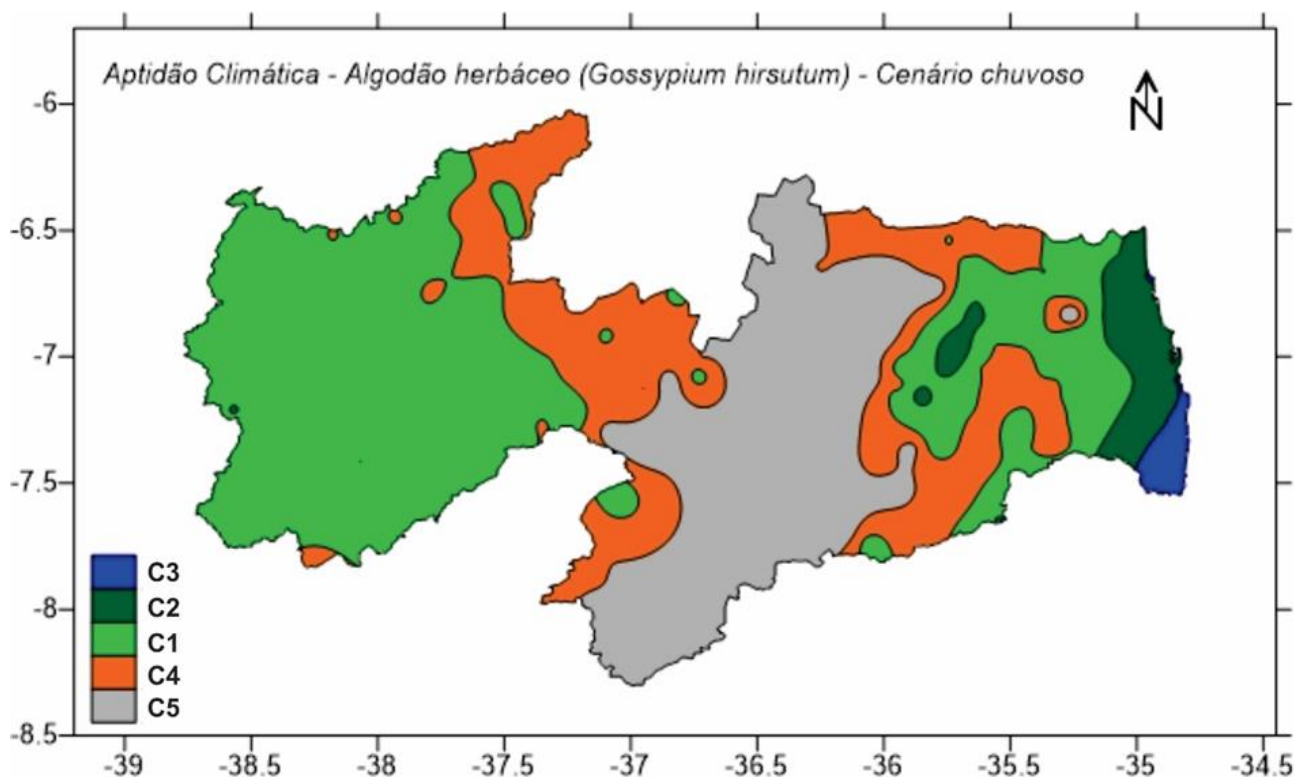


Figura 9. Aptidão climática para cultura do algodão herbáceo para o cenário chuvoso.

A classe de aptidão Plena (C1), com 24.747,33 km² representando 43,91% da área total, ocorre nas regiões do Agreste, Brejo e em quase todo Sertão e Alto Sertão. A classe de aptidão climática Moderada por deficiência hídrica (C4) observa-se que ocorrem em parte das regiões do Agreste ao sul e Curimataú ao norte, e em parte do Sertão e Alto Sertão do Estado em sentido voltado ao norte ao estado do Rio Grande do Norte e pequena área volta ao sul na divisa com Pernambuco, com 13.317,02 km² representando 23,62% da área total. A classe de aptidão Inapta por deficiência hídrica acentuada (C5), com 15.132,52 km² representando 26,85% da área total, abrange boa parte do planalto da Borborema nas regiões do Cariri e do Curimataú.

Francisco et al. (2015) estudando a Probabilidades de ocorrência de chuvas para o Estado da Paraíba observou que nos resultados da probabilidade de chuvas de 75% a faixa litorânea é que tem a maior possibilidade de chuva seguida de menores índices na faixa do Agreste e Brejo, na região do Cariri/Curimataú onde estes índices diminuem e na região do Sertão e Alto Sertão destacam-se áreas com maiores índices de chuvas. Resultados compatíveis com os encontrados nesse trabalho.

Na Tabela 3 observa-se a variabilidade estatística das probabilidades dos parâmetros do Pi/ETPi: mínimo, mediana, máxima, média, desvio padrão, variância e coeficiente da variância.

Tabela 3. Variabilidade estatística dos parâmetros do Pi/ETPi nas probabilidades de 25, 50 e 75%

Cenário Probabilidade	Variabilidade dos parâmetros (mm)						Coeficiente Variância
	Mínimo	Mediana	Máxima	Média	Desvio Padrão	Variância	
Seco (25%)	0,11	0,36	0,75	0,35	0,12	0,15	0,35
Regular (50%)	0,22	0,72	1,50	0,70	0,25	0,06	0,35
Chuvoso (75%)	0,33	1,08	2,25	1,06	0,37	0,14	0,35

Observa-se que a variabilidade do valor mínimo no cenário seco de 0,11mm e o valor máximo do cenário chuvoso de 2,25mm são extremos. Todos os valores ocorrem com resultados proporcionais menos a variância do cenário regular. A variância observada nos cenários, o resultado encontrado do regular apresenta o menor valor 0,06, demonstrando que, ocorre menor variabilidade entre as regiões da área de estudo em situação de probabilidade de 50%.

Conclusão

O índice padronizado de precipitação-evapotranspiração de referência e os elementos climáticos foram determinantes para a definição da aptidão climática do algodoeiro herbáceo no Estado da Paraíba.

As áreas com aptidão Inapta por deficiência hídrica acentuada no cenário seco ocorrem em quase toda a área de estudo diminuindo de área conforme aumenta as probabilidades.

As áreas de aptidão climática Moderada por excesso hídrico são observadas somente no cenário chuvoso.

A classe de aptidão Plena para a cultura do algodão herbáceo ocorre no cenário regular somente na região do Litoral e ocorrem no cenário chuvoso na região do Agreste, Sertão e Alto Sertão.

Agradecimentos

Ao CNPq/Fapesq pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor.

Referencias

- AMARAL, J. A. B.; SILVA, M. T. Zoneamento Agrícola do Algodão Herbáceo no Nordeste Brasileiro Safra 2005/2006. Estado de Pernambuco. 2006.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. DE; MELO SILVA, F. A. DE; LIMA, M. G. DE; AMARAL, J. A. B. DO. Zoneamento de aptidão climática para o algodoeiro herbáceo no Estado do Piauí. Revista Ciência Agronômica, v.40, n.2, p.175-184. 2009.
- ASSIS, F. N.; ARRUDA, H. V. DE; PEREIRA, A. R. Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática. Pelotas: UFPel, 1996. 161p.
- BARROS, A. H. C.; VAREJÃO-SILVA, M. A.; TABOSA, J. N. Aptidão climática do Estado de Alagoas para culturas agrícolas. Relatório Técnico. Convênios SEAGRI-AL/Embrapa Solos n.10200.04/0126-6 e 10200.09/0134-5. Recife: Embrapa Solos, 2012. 86p.
- BELTRÃO, N. E. M. Clima regula produção e qualidade da fibra do algodoeiro. Visão Agrícola, v.6, p.76-77. 2006.
- CARMONA, M.; BELTRÃO, N. E. M.; ARAÚJO, J. M.; CORDÃO, F. P.; ARIAS, A. Breve história do algodão no Nordeste do Brasil. In: CARMONA, M.; BELTRÃO, N. E. M.; ARAÚJO, J. M.; CORDÃO, F. P.; ARIAS, A. A reintrodução da cultura do algodão no semiárido do Brasil através do fortalecimento da agricultura familiar: um resultado prático da atuação do COEP. Rio de Janeiro: Oficina Social. Centro de Tecnologia, Trabalho e Cidadania, 2005. p.19-21.
- CAVALCANTI, E. P.; SILVA, E. D. V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8, 1994. Anais...Belo Horizonte, Anais...Belo Horizonte: SBMET, 1, p.154-157. 1994.
- CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. DE P. R.; SOUSA, F. DE A. S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, p.140-147, 2006.
- FRANCISCO, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. 122f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.

- FRANCISCO; P. R. M.; MEDEIROS; R. M. DE; MATOS, R. M. DE; BANDEIRA, M. M.; SANTOS; D. Análise e mapeamento dos índices de umidade, hídrico e aridez através do BHC para o Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.8 n. 4, p.1093-1108, 2015.
- FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M. DE; SANTOS, D.; MATOS, R. M. DE. Classificação Climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.8, n.4, p.1006-1016, 2015a.
- FRANCISCO; P. R. M.; MELLO, V. DA S.; BANDEIRA, M. M.; MACEDO, F. L. DE; SANTOS; D. Discriminação de cenários pluviométricos do Estado da Paraíba utilizando distribuição Gama incompleta e teste Kolmogorov-Smirnov. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.9, n.9, p.1206-1216, 2016.
- FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M. DE; SANTOS, D. Evapotranspiração de referência mensal e anual pelo método de Thornthwaite para o Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Climatologia*, v.11, n.17, 2016a.
- GLERIANI, J. M. Concordância da aptidão agrícola das terras do Estado de São Paulo elaborada nos anos setenta com os dados do censo agropecuário do IBGE ano 95/96. INPE, São José dos Campos, 2000.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 de março de 2011.
- LACA-BUENDIA, J. P.; OLIVEIRA, P. DE; PIRES, G. A. D.; SILVA FILHO, P. V. Estudo de época de plantio x cultivares de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch) nas principais regiões algodoeiras de Minas Gerais. In: EPAMIG (Belo Horizonte, MG). Projeto Algodão, Relatório 1980/92. p. 594-596, 1997.
- MACIEL, G. F.; AZEVEDO, P. V. DE; ANDRADE JÚNIOR, A. S. DE. Impactos do aquecimento global no zoneamento de risco climático da soja no estado do Tocantins. *Revista Engenharia Ambiental*, v.6, n.3, p.141-154. 2009.
- MASSEY JR, F. J. The Kolmogorov-Smirnov test of goodness of fit. *Journal of American Statistical Association*, v.46, p.68-78. 1980.
- MENEZES, H. E. A.; BRITO, J. I. B. DE; LIMA, R. A. F. DE A. Veranico e a produção agrícola no Estado da Paraíba, Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.2, p.181-186. 2010.
- MENEZES, H. E. A.; BRITO, J. I. B. DE; SANTOS, C. A. C. DOS; SILVA, L. L. DA. A relação entre a temperatura da superfície dos oceanos tropicais e a duração dos veranicos no Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.23, n.2, p.152-161. 2008.
- MIELKE, P. W. Simple iterative procedures for two-parameter gamma distribution maximum likelihood estimates. *Journal of Applied Meteorology*, v.15, n.12, p.181-183. 1976.
- ORTOLANI, A. A.; CAMARGO, M. B. P. Influência dos fatores climáticos na produção. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. *Ecofisiologia da produção agrícola*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e do Fósforo, 1987. p.71-81.
- PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo e Atlas. Brasília, DF, 2006. 112p.
- PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. Estimativa de evapotranspiração. Piracicaba: FEALQ, 1997. p.41-99.
- PEREIRA, M. C. A.; MELO, D. F.; MELÓ, R. G. C.; SILVA, R. F. B.; FARIAS, S. A. R. Mesorregiões da Paraíba e suas necessidades de captação de água de chuva. In: *Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva*, 8, 2012, Campina Grande. Anais... Campina Grande: FIEP, 2012. p.01-06.
- RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, L. C. Aptidão agrícola das terras do Brasil: potencial de terras e análise dos principais métodos de avaliação. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 1999. 36p.
- REDDY, K. R.; HODGES, H. F.; McKINION, J. M. Carbon dioxide and temperature effects on pima cotton development. *Agronomy Journal*, v.87, p.820-826. 1995.
- ROSOLEM C. A. Fenologia e ecofisiologia no manejo do algodoeiro. In: FREIRE, E. C. (Ed.) *Algodão no Cerrado do Brasil*. Brasília: ABRAPA, 2007. 918p.
- SALES, M. C. L.; RAMOS, V. M. Caracterização ambiental das áreas sob influência do reservatório de Bocaina (PI) com base na compartimentação geomorfológica. In: *Carta CEPRO*, Teresina, 18, 2000. p.149-161.
- SILVA, A. M.; COSTA; D. L. C. R.; LINS, C. J. C. Precipitações no Nordeste Brasileiro: tendências de variação e possíveis implicações na agricultura. In: *Semana do Meio Ambiente*, 5, Anais...Recife, PE. 2008.

- SILVA, R. M. DA; SILVA, L. P. E; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SANTOS, C. A. G. Análise da variabilidade espaço-temporal e identificação do padrão da precipitação na Bacia do Rio Tapacurá, Pernambuco. *Sociedade & Natureza*, n.22, v.2, p.357-372. 2010.
- SOUZA, W. G. DE; RIBEIRO, A.; AMORIM, R. C. F.; SOUZA, M. J. H. DE; RIBEIRO, C. A. A. S.; FACCO, A. G. Geoespacialização da evapotranspiração potencial e real para a bacia do rio Doce, Minas Gerais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 13, Anais...Fortaleza, 2004.
- SNIDER, J. L.; KAWAKAMI, E. M. Efeito da temperatura no desenvolvimento do algodoeiro. In. ECHER, F. R. (Ed.). O algodoeiro e os estresses abióticos - Temperatura, luz, água. Cuiabá: IMAmt, 2014. 123p.
- SNIDER, J. L.; OOSTERHUIS, D. M. Heat stress and pollen-pistil interactions. In: Flowering and fruiting in cotton. OOSTERHUIS, D. M.; COTHREN, J. T. (Eds). Cordova: The Cotton Foudation, 2012. 245p.
- SNIDER, J. L.; OOSTERHUIS, D. M.; SKULMAN, B. W.; KAWAKAMI, E. M. Heat stress-induced limitations to reproductive success in *Gossypium hirsutum*. *Physiologia Plantarum*, v.137, p.125-138. 2009.
- TENNAKON, S. B.; MILROY, S.P. Crop water use efficiency on irrigated cotton farms in Australia. *Agricultural Water Management*, v.61, p.179-194. 2003.
- THOM, H. C. S. A note on the gama distribution. *Monthly Weather Review*, v.86, p.117-122. 1958.
- THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. *Geographic Review*, 38, p.55-94. 1948.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. 104p.
- TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras. Editora Nobel, 7.a Ed. São Paulo, 1982. 374p.
- VAREJÃO-SILVA M. A.; BRAGA, C. C.; AGUIAR M. J. N.; NIETZCHE M. H.; SILVA, B. B. Atlas Climatológico do Estado da Paraíba. UFPB, Campina Grande, 1984.
- VAREJÃO-SILVA, M. A.; BARROS, A. H. C. Zoneamento de aptidão climática do Estado de Pernambuco para três distintos cenários pluviométricos. Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária de Pernambuco, Recife, 2002. 51p.
- ZHAO, D.; REDDY, K. R.; KAKANI, V. G.; KOTI, S.; GAO, W. Physiological causes of cotton fruit abscission under conditions of high temperature and enhanced ultraviolet-B radiation. *Physiologia Plantarum*, v.124, p.189-199. 2005.

APTIDÃO CLIMÁTICA DO ESTADO DA PARAÍBA PARA AS PRINCIPAIS CULTURAS ECONÔMICAS UTILIZANDO ÍNDICES CULTURAIS

Sandro Roberto Dias Araujo¹

José Dantas Neto²

Jana Yres Barbosa de Sousa³

Thiago Cabral Nepomuceno⁴

Paulo Roberto Megna Francisco⁵

¹Mestrando em Eng. Agrícola, PPGEA, UFCG, Campina Grande-PB, sandrodiasriego@gmail.com

²Prof. Dr. em Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB, zedantas@deag.ufcg.edu.br

³Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, janaayres@gmail.com

⁴Doutorando em Eng. Civil e Ambiental, PPGECA, UFCG, Campina Grande-PB, thiago.nepomucenoesa@gmail.com

⁵Pós Dr. em Ciência do Solo, UEPB, Campina Grande-PB, paulomegna@gmail.com

Introdução

O zoneamento agrícola de uma determinada espécie vegetal compreende à identificação, caracterização e delineamento cartográfico de unidades ambientais reconhecíveis na paisagem natural, classificadas em função de sua aptidão para o cultivo sustentável de tal espécie (RAMALHO FILHO et al., 2010). A minimização dos riscos de perdas e a garantia do êxito na produção são aspectos basilares do zoneamento agrícola, sendo intensificadas as buscas por combinações efetivas entre as características do solo, parâmetros das culturas agrícolas, indicativos das épocas de menor risco de queda na produção e condições climáticas (CRUZ et al., 2011). Assim, torna-se possível estabelecer as disponibilidades climáticas e hídricas às atividades fisiológicas das culturas.

Em hidrologia a precipitação é entendida como toda água proveniente do meio atmosférico que chega a superfície terrestre, pela chuva, granizo, orvalho, neblina, geada, saraiva e neve. O que diferencia essas formas de precipitações é o estado em que a água se encontra (BERTONI & TUCCI, 2009). No ciclo hidrológico, a precipitação consiste em uma variável de entrada, essencial para o entendimento da dinâmica do meio físico (MELLO & SILVA, 2009). As chuvas apresentam maior interesse, sendo medida pelo volume de água precipitada por unidade de área, geralmente quantificada em pluviômetros e pluviógrafos (GARCEZ & ALVAREZ, 1988).

A definição de regiões áridas, semiáridas, úmidas e superúmidas levam em consideração em sua classificação à quantidade e a distribuição de chuva, que cai anualmente em certa área, considerada o principal fator utilizado na classificação de clima (REICHARDT, 1990). Conforme Bertoni e Lombardi Neto (2010), o suprimento de água é relacionado com a distribuição de chuva em uma região, contribuindo com o abastecimento de suas fontes subterrâneas e superficiais. A maior rede de pluviômetros em operação no estado da Paraíba é de responsabilidade da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba - AESA. Os pluviômetros aferem a totalidade da precipitação pela leitura do nível do líquido que precipitou na sua área de abrangência e ficou armazenada. A quantidade precipitada é usualmente representada em milímetros, que cai sobre uma determinada região, em um determinado intervalo de tempo. Normalmente o registro é feito uma vez ao dia, geralmente pela manhã e sempre no mesmo horário (TUCCI, 1993). Os dados de precipitação, juntamente com a evapotranspiração, são de grande relevância para a realização do balanço hídrico em áreas agrícolas e avaliação de localidades mais susceptíveis para o cultivo (BARRETO et al., 2009).

O Balanço Hídrico é uma primeira avaliação de uma região, que se determina a contabilização de água de uma determinada camada do solo onde se define os períodos secos e úmidos de um determinado local. De acordo com Camargo (1971), para saber se uma região apresenta deficiência ou excesso de água durante o ano, é indispensável comparar dois elementos opostos do balanço hídrico: a precipitação que aumenta a umidade do solo e a evapotranspiração que diminui a umidade do solo (HORIKOSHI & FISCH, 2007). Sendo assim, é possível determinar a contabilização de água de uma determinada camada do solo onde se define os períodos secos e úmidos de um determinado local conforme Reichardt (1990), assim, identificando as áreas onde as culturas e a indústria podem ser exploradas com maior eficácia (BARRETO et al., 2009).

Outros parâmetros relevantes para as análises de disponibilidade hídrica são os índices climáticos. Os índices climáticos têm como um dos propósitos a caracterização climática de um local considerado. Esses índices climáticos representam parte dessa caracterização de uma determinada região, obtidos por meio de variáveis do balanço hídrico e da evapotranspiração potencial (FRANCISCO et al., 2015).

Assim, o zoneamento agroclimático é uma ferramenta relevante no processo de tomada de decisão, permitindo, por exemplo, por meio das análises das variabilidades climáticas locais, a delimitação de regiões com diferentes aptidões climáticas aos cultivos (MEDEIROS, 2013).

Em consonância com as assertivas anteriores, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a dinâmica das alterações climáticas nas regiões do estado da Paraíba de acordo com o seu potencial hídrico para o cultivo, sendo quantificados os índices culturais e classificando tais regiões quanto aos setores hídricos.

Materiais e Métodos

Área de estudo

A Paraíba é uma das 27 unidades federativas do Brasil, está localizada na região Nordeste, e apresenta uma área de 56.372 km², que corresponde a 0,662% do território nacional, realiza fronteiras com os Estados: Pernambuco (Sul), Ceará (Oeste) Rio Grande do Norte (Norte) e o oceano atlântico (Leste). Sua localização encontra-se entre os paralelos 6°02'12" e 8°19'18"S, e entre os meridianos de 34°45'54" e 38°45'45"W (FRANCISCO, 2010) (Figura 1).



Figura 1. Localização da área de estudo. Fonte: Francisco et al. (2010).

Precipitação

Os dados de precipitação pluvial utilizados neste trabalho foram disponibilizados pela AESA e pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). Os valores de precipitação pluviométrica foram expressos em altura de lâmina d'água (mm). Foram utilizados dados de precipitação média mensal durante a série de dados abrangida no período de março de 1971 a março de 2017. As séries históricas, para cada município, tiveram seus dados analisados e corrigidos quando as falhas existentes. Foi elaborada uma planilha eletrônica com os dados obtidos e após calculada as médias anuais.

Evapotranspiração

Para o cálculo da evapotranspiração foi utilizada a metodologia proposta por Thornthwaite (1948) para encontrar o valor da evapotranspiração potencial (ETP).

Balanço hídrico climatológico

Para o balanço hídrico climatológico, foi utilizado o valor de CAD representando os solos encontrados na região estudada: CAD = 100mm para um solo com alta capacidade de armazenamento. Além disso, foram utilizadas as metodologias de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite e Mather (1955) para a classificação climática, conforme os valores obtidos do CAD predeterminado.

Utilizou-se a metodologia de Francisco et al. (2015), para o cálculo de balanço hídrico através dos valores da evapotranspiração, além da utilização de planilhas eletrônicas para obter os valores de evaporação real, evapotranspiração potencial, valores excedentes, deficiência hídrica, índice umidade, aridez e hídrico

Em planilha eletrônica foi cálculo do índice de umidade (I_u) utilizando a equação 1 do balanço hídrico climatológico segundo Thornthwaite e Mather (1955), que compreende a diferença entre o Índice hídrico (Equação 2) e Índice de aridez (Equação 3).

$$I_u = I_h - I_a \text{ (Eq.1)}$$

$$I_h = 100 \frac{Exc}{ETP} \text{ (Eq.2)}$$

$$I_a = 100 \frac{Def}{ETP} \text{ (Eq.3)}$$

Aptidão climática das culturas

Segundo Silva (2012), as variáveis meteorológicas, como a aptidão climática, determinam para as culturas escolhidas os limites térmicos e hídricos para os quais cada cultura se desenvolve satisfatoriamente. Do ponto de vista da condição energética, estabeleceram-se os limites inferiores de temperatura ou temperatura inferior (T_b) e superior (T_B) ou temperatura basal superior, que definem o intervalo energético mais próprio ao crescimento e desenvolvimento de dada cultura. Para cada fase fenológica da cultura, há uma temperatura média ideal (T) dentro do intervalo $\Delta T = T_B - T_b$, para a qual as plantas desempenham máxima atividade fisiológica, com máxima taxa de desenvolvimento vegetativo e de rendimento agrícola. Esses limites térmicos devem ser estabelecidos para cada cultura a ser zoneada. Para se delimitar as regiões mais adaptáveis a cada cultura, do ponto de vista das exigências térmicas, traçaram-se as isotermas de T_B e T_b , estabelecendo-se os limites energéticos que demarcam os limites extremos da zona mais apropriada ao desenvolvimento da cultura. A isoterma de T denota os locais de cada zona, onde a energia do meio ambiente é mais favorável do desenvolvimento da cultura em estudo. Assim, os locais nas vizinhanças da isoterma de T estabelecem as zonas consideradas aptas (aptidão plena), ao passo que aqueles tendendo progressivamente para as vizinhanças das isotermas de T_B e T_b estabelecem, progressivamente, as zonas consideradas de aptidão moderada, restrita e inaptidão. Para a delimitação com base nas exigências hídricas é feita utilizou-se o balanço hídrico através do Índice hídrico (I_h) ou da deficiência hídrica anual (D).

De posse do balanço hídrico para todos os pontos (locais) da região em estudo, traçaram-se as isolinhas que ligam pontos de mesmos valores numéricos do Índice hídrico e da deficiência hídrica anual. Tais isolinhas determinam as zonas de aptidão hídrica. Apresentam-se, as aptidões climáticas das culturas do abacaxi, algodão herbáceo, banana, caju, cana-de-açúcar, feijão, mamona, mandioca, milho, sisal e sorgo, nas Tabelas de 1 a 11, levando em consideração os seguintes índices: I_h - Índice hídrico anual proveniente do balanço hídrico, I_v - Índice de vegetação, I_{rs} - Índice de repouso por seca, I_{sv} - Índice de seca na vegetação, T - Temperatura média anual, D - Deficiência hídrica e E - Excesso hídrico.

Tabela 1. Aptidão climática do abacaxi

Aptidão hídrica	Índices	Características
Aptidão Plena	$-30 \leq I_h < 20$	Boas condições hídricas e térmicas para o desenvolvimento da cultura
Aptidão Moderada	$I_h > 20$	Umidade excessiva, prejudicando o desenvolvimento vegetativo e a frutificação da cultura
Aptidão Restrita	$-40 \leq I_h < -30$	Limitações para o cultivo do abacaxi, por deficiência hídrica acentuada
Inaptidão	$I_h < -40$	Deficiência hídrica severa, não possibilitando o desenvolvimento da cultura, a não ser através de irrigação

Fonte: Ometto (1981).

Tabela 2. Aptidão climática do algodão herbáceo

Aptidão hídrica	Índices	Características
Aptidão Plena	$30 < I_v < 50$ $I_{sv} \leq 1$ $I_{rs} \geq 4$	Boas condições hídricas e térmicas para o desenvolvimento da cultura
Aptidão Moderada	$30 < I_v < 50$ $I_{sv} > 1$ $I_{rs} \geq 4$	Período vegetativo normal, mas com ocorrência de seca
Aptidão Restrita	$30 < I_v < 50$ $I_{sv} \leq 1$ $I_{rs} < 4$	Repouso por seca insuficiente para a maturação da fibra
Inaptidão	$20 < I_v < 30$ $I_{sv} > 1$ $I_v > 50$	Período vegetativo curto com ocorrência de seca no mesmo Umidade excessiva para o desenvolvimento da cultura
Inaptidão	$I_v < 20$	Ocorrência de seca durante todo o ciclo da cultura

Fonte: Ometto (1981).

Tabela 3. Aptidão climática da banana

Aptidão hídrica	Índices	Características
Aptidão Plena	$D < 200 \text{ mm}$	Boas condições hídricas para o desenvolvimento da cultura
Aptidão Moderada	$200 < D < 350 \text{ mm}$	Insuficiência hídrica estacional, prolongando o ciclo da cultura
Aptidão Restrita	$350 < D < 700 \text{ mm}$	Deficiência hídrica acentuada, sendo possível o cultivo apenas em várzeas e locais mais úmidos
Inaptidão	$D > 700 \text{ mm}$	Deficiência hídrica muito severa. O cultivo somente possível através de irrigação

Fonte: Ometto (1981).

Tabela 4. Aptidão climática do caju

Aptidão hídrica	Índices	Características
Aptidão Plena	$I_h > -10$ $100 < D < 200 \text{ mm}$	Em geral não há limitações climáticas para a cultura, principalmente nas regiões de climas quentes
Aptidão Moderada	$I_h < -10$ $200 < D < 700 \text{ mm}$	Ocorrência normal de pequena deficiência hídrica. Cultivo parcial prejudicado pela deficiência hídrica.
Aptidão Restrita	$700 < D < 900 \text{ mm}$	Deficiência hídrica severa na maioria dos solos. Cultivo somente através de suprimento de água por irrigação
Inaptidão	$D > 900 \text{ mm}$	Suprimento hídrico insuficiente para a cultura

Fonte: Ometto (1981).

Tabela 5. Aptidão climática da cana-de-açúcar

Aptidão hídrica	Índices	Características
Aptidão Plena	$I_h > 0$ $5 < D < 200 \text{ mm}$	
Aptidão Moderada	$I_h > 0$ $D > 200 \text{ mm}$	Ocorrência de seca estacional; cultivo recomendado em várzeas úmidas
Aptidão Restrita	$0 > I_h > -10$	Ocorrência de seca estacional intensa (cultivo possível com irrigação suplementar)
Inaptidão	$I_h < -10$	Carência hídrica muito severa para a cultura da cana de açúcar

Fonte: Ometto (1981).

Tabela 6. Aptidão climática do feijão

Aptidão hídrica	Índices	Características
Aptidão Plena	$I_v > 30$ $D < 20 \text{ mm}$ $T_a > 22^\circ\text{C}$	Melhores condições climáticas para o desenvolvimento da cultura
Aptidão Moderada	$25 < I_v < 30$ $D > 20 \text{ mm}$ $T_a > 22^\circ\text{C}$	Período vegetativo curto. Aptidão plena para variedades precoces
Aptidão Restrita	$20 < I_v < 25$	Deficiência hídrica acentuada, necessitando d'água por irrigação suprimento
Inaptidão	$I_v < 20$ $D > 20 \text{ mm}$	Cultivo inapropriado por insuficiência hídrica acentuada. Cultivo possível apenas com irrigação

Fonte: Ometto (1981).

Tabela 7. Aptidão climática da mamona

Aptidão hídrica	Índices	Características
Aptidão Plena	$-20 < I_h < 0$ $D > 60 \text{ mm}$ $T > 20^\circ \text{ C}$	Boas condições hídricas e térmicas para o cultivo de quaisquer variedades
Aptidão Moderada	$-40 < I_h < -20$ $0 < D < 60 \text{ mm}$ $T > 20^\circ \text{ C}$	Pequena deficiência hídrica, exceto para variedades resistentes à seca
Aptidão Restrita	$I_h > 0$ $D > 100 \text{ mm}$ $T < 19^\circ \text{ C}$	Áreas demasiadamente úmidas ou demasiadamente secas para a cultura. Insuficiência térmica
Inaptidão	$I_h < -40$	Deficiências hídricas elevadas, as quais prejudicam o desenvolvimento da cultura

Fonte: Ometto (1981).

Tabela 8. Aptidão climática da mandioca

Aptidão hídrica	Índices	Características
Aptidão Plena	$-10 < I_h < 50$ $T_a > 19^\circ \text{ C}$	Condições climáticas satisfatórias para a cultura
Aptidão Moderada	$-35 < I_h < -10$ $17^\circ \text{ C} < T_a < 19^\circ \text{ C}$	Pequena deficiência hídrica e limitações térmicas para o desenvolvimento da cultura
Aptidão Restrita	$-45 < I_h < -35$	Severa deficiência ou excesso hídrico, prejudicando o desenvolvimento ou a manutenção e colheita da cultura
Inaptidão	$I_h < -45$ $T_a < 17^\circ \text{ C}$	Condições hídricas e/ou térmicas inadequadas ao cultivo da mandioca

Fonte: Ometto (1981).

Tabela 9. Aptidão climática do milho

Aptidão hídrica	Índices	Características
Aptidão Plena	$40 < I_v < 60$ $D > 0$ $T > 19^\circ \text{ C}$	Condições hídricas e térmicas satisfatórias para o desenvolvimento da cultura
Aptidão Moderada	$30 < I_v < 40$ $D = 0$ $S < 500 \text{ mm}$	Pequena insuficiência hídrica no período vegetativo, com umidade excessiva na maturação. Aptidão plena para variedades precoces
Aptidão Restrita	$20 < I_v < 30$ $S < 500 \text{ mm}$	
Inaptidão	$I_v < 20$	Deficiência hídrica severa para o desenvolvimento da cultura, ou insuficiência térmica

Fonte: Ometto (1981).

Tabela 10. Aptidão climática do sisal

Aptidão hídrica	Índices	Características
Aptidão Plena	$I_h > -10$ $D > 100 \text{ mm}$ $S < 500 \text{ mm}$	Boas condições hídricas para o desenvolvimento da cultura
Aptidão Moderada	$-30 < I_h < -10$ $S < 500 \text{ mm}$	Suprimento hídrico deficiente, prejudicando o desenvolvimento da cultura em alguns anos Umidade excessiva no período vegetativo
Aptidão Restrita	$-40 < D < -30 \text{ mm}$	Deficiência hídrica acentuada, prejudicando o desenvolvimento vegetativo da cultura
Inaptidão	$I_h < -40 \text{ mm}$	Deficiência hídrica muito severa, tornando inviável o cultivo do sisal

Fonte: Ometto (1981).

Tabela 11. Aptidão climática do sorgo

Aptidão hídrica	Índices	Características
Aptidão Plena	$20 < I_v < 30$ $D < 20 \text{ mm}$ $T_a > 18^\circ \text{ C}$	Condições hídricas e térmicas satisfatórias, tanto no período das chuvas quanto na estação seca
Aptidão Moderada	$30 < I_v < 40$ $S < 500 \text{ mm}$	Por excesso hídrico, afetando a produção. Problemas fitossanitários
Aptidão Restrita	$40 < I_v < 60$	Restrições ao cultivo do sorgo por apresentar um excesso hídrico acentuado
Inaptidão	$I_v > 60$	Não recomendado para o cultivo do sorgo

Fonte: Ometto (1981).

Evapopluviogramas

As Tabelas 12 e 13 correspondem a interpretação dos setores do evapopluviograma e das faixas térmicas do evapopluviograma, respectivamente.

Tabela 12. Interpretação dos setores de evapopluviograma

Setores Hídricos	Relação Pr/Etp	Significado	Índices	
			Ih	Irs
A	1:4 ou mais	Árido	0	3
B	1:4 a 1:2	Seco	1	2
C	1:2 a 1:1	Subúmido	2	1
D	1:0 a 1:1	Úmido	3	0
E	2:1 a 4:1	Superúmido	4	0
F	4:1 ou menos	Hiperúmido	0	0

Fonte: Matos et al. (2015).

Tabela 13. Interpretação das faixas térmicas do evapopluviograma

Faixas Térmicas	Limite de Etp (mm)	Significado	Índices	
			It	Irf
A	Etp	Microtérmica	3	
B	$Etp \leq 50$	Hipotérmica	2	
C	$50 < Etp < 80$	Mesotérmica	1	
D	$80 < Etp < 170$	Hipertérmica	0	

Fonte: Matos et al. (2015).

Para facilitar a interpretação dos evapopluviogramas, foram adotados índices culturais compostos de índices parciais diversos, indicativos de aspectos fundamentais dos períodos vegetativos e de repouso da cultura. Esses índices são obtidos pela soma dos produtos do número de pontos (meses) em cada setor pelo respectivo índice do setor conforme a Equação 4.

$$Iv = 1 \times 0 + 3 \times 2 + 8 \times 4 = 38 \text{ (Eq. 4)}$$

Caracterização dos Índices Culturais

As caracterizações para as culturas estudadas nos 223 municípios da Paraíba foram indicadas utilizando:

a) Índice de vegetação (Iv): indicando a capacidade vegetativa da região como uma função das disponibilidades térmicas e hídricas e representa um índice anual de vegetação;

b) Índice de seca na vegetação (Isv): indicando a presença e severidade da seca durante o período vegetativo e é obtido de forma semelhante ao índice de vegetação, considerando-se apenas os pontos (meses) correspondentes à fase vegetativa, que caem nos setores subúmido, seco ou árido, utilizando-se os índices de repouso por seca (Irs) estabelecidos para esses setores;

c) Índice de repouso por seca (Irs): indicando a presença e a intensidade da seca fora do período vegetativo e é obtido de forma semelhante ao Isv, considerando-se apenas os pontos (meses) que caem nos setores subúmido, seco ou árido, exceto os já incluídos no cômputo do Irs;

d) Índice de repouso por frio (Irf): correspondendo às condições térmicas insuficientes para a vegetação normal da cultura. Para obtê-lo, toma-se o número de pontos existentes na faixa microtérmica, multiplicado por 2 (Irf=2), acrescido do número de pontos da faixa hipotérmica, multiplicado por 1 (Irf=1).

Os valores de Iv, Irs e Ih foram calculados com base nos dados do balanço hídrico climatológico e da relação da evapotranspiração e precipitação.

Resultados e Discussão

Na Tabela 14 encontram-se, em ordem alfabética, os índices culturais dos 223 municípios do estado da Paraíba, registrando para a cidade de Cabaceiras (Região Pluviométrica do Cariri/Curimataú) o maior déficit hídrico dentre as localidades analisadas, com valor correspondente a 866mm. Moreira (1997) evidencia que em Cabaceiras são registrados os menores índices pluviométricos do Brasil, algo

que corrobora com os resultados apresentados. Os limites inferiores, menores déficits hídricos, foram observados para os municípios de Areia (Brejo) e Areial (Agreste), o que pode ser justificado por índices pluviométricos relevantes, em comparação com as demais regiões estudadas, juntamente com menor evapotranspiração e maiores excessos hídricos.

Tabela 14. Índices climáticos para os municípios da Paraíba

Região Pluviométrica	Município	Iv Σ	Irs Σ	Irf Σ	Cv (%)	T (°C)	P média (mm)	ETP médio (mm)	D ano (mm)	EXC ano (mm)
Alto Sertão	Aguiar	28	21	12	29.3	24,6	76	110	535	136
Alto Sertão	Aparecida	32	19	12	29.3	25,3	74	119	629	82
Alto Sertão	Boa Ventura	30	20	12	29.3	24,2	73	112	558	88
Alto Sertão	Bom Jesus	32	20	12	29.2	24,2	84	116	560	184
Alto Sertão	Bonito de Santa Fé	30	19	15	29.4	24,2	75	95	393	160
Alto Sertão	Cachoeira dos Índios	30	20	12	29.2	24,2	74	112	568	118
Alto Sertão	Cajazeiras	30	21	12	29.2	24,2	77	113	584	145
Alto Sertão	Carrapateira	32	19	12	29.3	24,2	76	104	484	144
Alto Sertão	Catingueira	32	21	12	29.5	24,2	76	109	550	156
Alto Sertão	Conceição	26	21	14	30.6	24,2	66	103	506	71
Alto Sertão	Coremas	28	22	12	29.3	24,2	73	117	614	86
Alto Sertão	Curral Velho	28	21	12	29.4	24,2	70	107	543	102
Alto Sertão	Diamante	30	20	12	29.3	24,2	74	107	516	130
Alto Sertão	Emas	32	20	12	29.4	24,2	75	114	589	116
Alto Sertão	Ibiara	32	19	12	29.3	24,2	77	107	492	139
Alto Sertão	Igaracy	28	21	12	29.3	24,2	76	113	589	143
Alto Sertão	Itaporanga	28	21	12	29.3	24,2	75	110	536	118
Alto Sertão	Juru	26	20	15	29.5	24,2	66	94	401	71
Alto Sertão	Manaíra	26	20	15	29.5	24,2	59	90	423	58
Alto Sertão	Marizópolis	32	19	12	29.2	24,2	81	120	584	118
Alto Sertão	Monte Horebe	32	20	15	29.4	24,2	77	92	395	204
Alto Sertão	Nazarezinho	28	21	12	29.3	24,2	73	114	610	121
Alto Sertão	Nova Olinda	30	21	12	29.4	24,2	76	109	542	141
Alto Sertão	Olho D'Água	36	20	12	29.4	24,2	90	110	501	257
Alto Sertão	Pedra Branca	28	21	12	29.4	24,2	69	110	516	17
Alto Sertão	Piancó	28	21	12	29.4	24,2	73	115	604	104
Alto Sertão	Princesa Isabel	30	18	15	29.5	24,2	68	93	371	75
Alto Sertão	Santa Helena	28	21	12	29.2	24,2	74	118	638	111
Alto Sertão	Santa Inês	28	20	14	29.3	24,2	68	98	453	92
Alto Sertão	Santana de Mangueira	26	21	14	29.4	24,2	70	102	488	100
Alto Sertão	Santana dos Garrotes	28	21	12	29.4	24,2	70	111	587	102
Alto Sertão	São João do Rio do Peixe	28	21	12	29.2	24,2	74	118	640	119
Alto Sertão	São José da Lagoa Tapada	30	20	12	29.3	24,2	83	115	567	176
Alto Sertão	São José de Caiana	28	21	15	29.4	24,2	74	97	456	181
Alto Sertão	São José de Piranhas	30	20	12	29.3	24,2	73	106	541	135
Alto Sertão	São José de Princesa	32	17	15	29.5	24,2	70	88	338	126
Alto Sertão	Serra Grande	28	21	15	29.4	24,2	70	96	481	166
Alto Sertão	Sousa	28	22	12	29.3	24,2	67	119	670	50
Alto Sertão	Tavares	26	19	15	29.5	24,2	68	92	400	112
Sertão	Água Branca	32	18	15	29.6	22,3	63	89	364	57
Sertão	Areia de Baraúnas	24	23	15	29.7	23,2	48	97	589	4
Sertão	Belém do Brejo do Cruz	24	24	12	29.4	24,2	59	124	780	0
Sertão	Bernardino Batista	34	18	13	29.3	24,2	71	101	442	81
Sertão	Bom Sucesso	28	22	12	29.3	24,2	64	114	599	0
Sertão	Brejo do Cruz	28	22	12	29.4	24,2	68	123	698	48
Sertão	Brejo dos Santos	30	21	12	29.4	24,2	71	112	602	114
Sertão	Cacimba de Areia	24	23	12	29.6	24,2	55	107	620	0
Sertão	Cacimbas	24	21	15	29.8	24,2	51	89	456	0
Sertão	Cajazeirinhas	32	19	12	29.4	24,2	89	115	532	221
Sertão	Catolé do Rocha	34	19	12	29.4	24,2	74	116	618	117
Sertão	Condado	28	22	12	30.2	24,2	66	117	668	59
Sertão	Imaculada	28	19	15	29.6	24,2	56	88	408	23
Sertão	Jericó	30	21	12	29.4	24,2	67	118	647	35
Sertão	Lagoa	30	21	12	29.4	24,2	71	112	540	48

Região Pluviométrica	Município	Iv Σ	Irs Σ	Irf Σ	Cv (%)	T (°C)	P média (mm)	ETP médio (mm)	D ano (mm)	EXC ano (mm)
Sertão	Lastro	28	22	12	29.3	24,2	58	113	659	0
Sertão	Mãe D'água	26	21	15	29.6	24,2	61	95	485	76
Sertão	Malta	28	22	12	29.4	24,2	62	115	677	44
Sertão	Mato Grosso	28	22	12	29.4	24,2	67	117	683	72
Sertão	Maturéia	26	20	17	29.7	24,2	60	85	421	118
Sertão	Passagem	28	22	13	29.6	24,2	53	104	612	0
Sertão	Patos	28	22	12	29.5	24,2	60	115	680	19
Sertão	Paulista	32	19	12	29.4	24,2	67	120	631	0
Sertão	Poço Dantas	32	19	14	29.3	24,2	72	98	468	145
Sertão	Poço de José de Moura	28	22	12	29.2	24,2	72	118	645	97
Sertão	Pombal	28	22	12	29.3	24,2	62	119	693	13
Sertão	Quixaba	22	25	12	29.6	24,2	46	109	755	0
Sertão	Riacho dos Cavalos	26	23	12	29.4	24,2	64	122	687	0
Sertão	Santa Cruz	34	19	12	29.3	24,2	72	111	575	111
Sertão	Santa Luzia	22	25	13	29.6	24,2	45	103	689	0
Sertão	Santa Teresinha	28	22	12	29.5	24,2	70	110	595	115
Sertão	São Bentinho	28	22	12	29.4	24,2	67	118	690	81
Sertão	São Bento	26	23	12	29.4	24,2	65	125	754	40
Sertão	São Domingos de Pombal	28	22	12	29.3	24,2	72	121	668	82
Sertão	São Francisco	34	19	12	29.3	24,2	71	113	571	61
Sertão	São José de Espinharas	24	24	12	29.5	24,2	52	118	785	0
Sertão	São José do Bonfim	26	23	12	29.5	24,2	60	111	669	52
Sertão	São José do Brejo do Cruz	28	22	12	29.4	24,2	59	125	796	0
Sertão	São José do Sabugi	28	20	13	29.7	24,2	64	103	504	32
Sertão	São Mamede	28	22	12	29.6	24,2	59	111	655	34
Sertão	Teixeira	28	21	15	29.7	24,2	63	88	422	123
Sertão	Triunfo	30	21	12	29.2	24,2	66	116	630	34
Sertão	Uiraúna	28	22	12	29.3	24,2	67	111	585	59
Sertão	Várzea	24	24	12	29.5	24,2	55	113	716	13
Sertão	Vieirópolis	32	20	12	29.3	24,2	73	112	586	116
Sertão	Vista Serrana	26	23	12	29.4	24,2	59	116	742	52
Cariri/ Curimataú	Alcantil	37	12	15	30.3	23,5	88	99	278	143
Cariri/ Curimataú	Algodão de Jandaíra	14	27	15	30.2	23,2	30	97	797	0
Cariri/ Curimataú	Amparo	37	13	15	29.8	22,6	85	91	257	185
Cariri/ Curimataú	Assunção	36	13	15	29.9	22,9	80	94	281	117
Cariri/ Curimataú	Baraúnas	21	22	15	30.0	24,2	43	92	587	0
Cariri/ Curimataú	Barra de Santa Rosa	18	25	15	30.1	24,2	33	96	764	0
Cariri/ Curimataú	Barra de Santana	18	24	15	30.2	24,2	40	103	750	0
Cariri/ Curimataú	Barra de São Miguel	18	25	15	30.2	24,2	35	97	741	0
Cariri/ Curimataú	Boa Vista	20	23	15	30.1	24,2	35	97	748	0
Cariri/ Curimataú	Boqueirão	20	23	15	30.2	24,2	40	101	722	0
Cariri/ Curimataú	Cabaceiras	14	27	15	30.1	24,2	28	100	866	0
Cariri/ Curimataú	Camalaú	22	23	15	30.0	24,2	45	95	596	0
Cariri/ Curimataú	Caraúbas	12	29	15	30.1	24,2	32	97	773	0
Cariri/ Curimataú	Casserengue	18	25	15	30.2	24,2	31	99	811	0
Cariri/ Curimataú	Caturité	28	20	15	30.2	24,2	67	100	419	23
Cariri/ Curimataú	Congo	24	22	15	30.0	24,2	41	96	659	0
Cariri/ Curimataú	Coxixola	22	23	15	30.0	24,2	41	97	678	0
Cariri/ Curimataú	Cubati	18	25	15	30.0	24,2	38	92	649	0
Cariri/ Curimataú	Cuité	28	19	15	30.0	24,2	63	97	407	0
Cariri/ Curimataú	Damião	24	22	15	30.1	24,2	47	97	603	0
Cariri/ Curimataú	Desterro	22	24	15	29.8	24,2	44	91	571	0
Cariri/ Curimataú	Frei Martinho	24	23	14	29.8	24,2	45	102	678	0
Cariri/ Curimataú	Gurjão	22	23	15	30.0	24,2	40	97	692	0
Cariri/ Curimataú	Juazeirinho	22	23	15	29.9	24,2	42	94	623	0
Cariri/ Curimataú	Junco do Seridó	26	21	15	29.9	24,2	48	89	495	0
Cariri/ Curimataú	Livramento	24	22	15	29.8	24,2	45	93	585	0
Cariri/ Curimataú	Monteiro	24	22	15	29.9	24,2	51	91	485	0
Cariri/ Curimataú	Nova Floresta	28	19	15	30.0	24,2	52	91	470	0
Cariri/ Curimataú	Nova Palmeira	18	25	15	29.9	24,2	35	95	723	0
Cariri/ Curimataú	Olivedos	22	23	15	30.1	24,2	38	93	662	0

Região Pluviométrica	Município	Iv Σ	Irs Σ	Irf Σ	Cv (%)	T (°C)	P média (mm)	ETP médio (mm)	D ano (mm)	EXC ano (mm)
Cariri/ Curimataú	Ouro Velho	26	21	15	29.8	24,2	55	92	453	0
Cariri/ Curimataú	Parari	20	24	15	29.9	24,2	41	98	687	0
Cariri/ Curimataú	Pedra Lavrada	16	27	15	30.0	24,2	33	94	735	0
Cariri/ Curimataú	Picuí	14	28	15	29.9	24,2	30	96	787	0
Cariri/ Curimataú	Pocinhos	18	24	15	30.2	24,2	32	92	718	0
Cariri/ Curimataú	Prata	28	20	15	29.8	24,2	56	93	437	2
Cariri/ Curimataú	Riacho de Santo Antônio	16	26	15	30.2	24,2	33	97	771	0
Cariri/ Curimataú	Salgadinho	22	24	15	29.8	24,2	39	95	666	0
Cariri/ Curimataú	Santa Cecília	28	18	15	30.3	24,2	53	98	548	0
Cariri/ Curimataú	Santo André	24	22	15	29.9	24,2	46	97	607	0
Cariri/ Curimataú	São Domingos do Cariri	14	27	15	30.1	24,2	34	100	788	0
Cariri/ Curimataú	São João do Cariri	20	25	13	29.4	24,2	36	101	781	0
Cariri/ Curimataú	São João do Tigre	22	22	17	30.2	24,2	40	87	558	0
Cariri/ Curimataú	São José dos Cordeiros	22	23	15	29.9	24,2	47	93	557	0
Cariri/ Curimataú	São Sebastião do Umbuzeiro	24	21	15	30.0	24,2	48	90	505	0
Cariri/ Curimataú	Seridó	16	26	15	30.0	24,2	37	94	678	0
Cariri/ Curimataú	Serra Branca	24	22	15	29.9	24,2	43	95	628	0
Cariri/ Curimataú	Soledade	16	26	15	30.0	24,2	34	95	737	0
Cariri/ Curimataú	Sossego	22	23	15	30.0	24,2	41	94	636	0
Cariri/ Curimataú	Sumé	28	20	15	29.9	24,2	54	94	479	0
Cariri/ Curimataú	Taperoá	22	23	15	29.8	24,2	45	95	597	0
Cariri/ Curimataú	Tenório	20	24	15	29.9	24,2	41	93	626	0
Cariri/ Curimataú	Zabelê	22	23	15	30.0	24,2	48	90	510	0
Agreste	Arara	36	13	15	30.3	23,3	83	98	291	118
Agreste	Araruna	34	15	15	30.2	23,5	71	99	367	25
Agreste	Areial	37	11	16	30.4	21,9	85	87	214	188
Agreste	Aroeiras	27	20	14	30.3	24,1	50	105	660	0
Agreste	Cacimba de Dentro	32	16	15	30.2	24,2	60	98	454	0
Agreste	Caldas Brandão	34	19	12	30.2	24,2	73	123	602	0
Agreste	Campina Grande	33	16	15	30.2	24,2	73	97	369	78
Agreste	Campo de Santana	40	16	12	30.0	24,2	72	120	580	0
Agreste	Dona Inês	42	15	12	30.1	24,2	73	107	431	31
Agreste	Esperança	31	15	16	30.3	24,2	63	91	340	0
Agreste	Fagundes	35	16	14	30.2	24,2	78	105	404	69
Agreste	Gado Bravo	31	18	14	30.3	24,2	54	104	600	0
Agreste	Gurinhém	40	16	12	30.2	24,2	80	120	509	22
Agreste	Ingá	34	19	12	30.2	24,2	56	113	683	0
Agreste	Itabaiana	34	19	12	30.3	24,2	64	120	681	0
Agreste	Itatuba	32	20	12	30.2	24,2	56	118	745	0
Agreste	Juarez Távora	32	20	12	30.2	24,2	62	117	650	0
Agreste	Juripiranga	34	19	12	30.3	24,2	72	120	601	21
Agreste	Lagoa Seca	39	12	16	30.4	24,2	93	91	258	279
Agreste	Massaranduba	36	14	15	30.3	24,2	82	102	352	116
Agreste	Mogeiro	34	19	12	30.2	24,2	66	118	627	0
Agreste	Montadas	22	20	16	30.4	24,2	43	87	528	0
Agreste	Natuba	39	13	15	30.5	24,2	90	101	318	187
Agreste	Pilar	38	17	12	30.3	24,2	77	124	571	12
Agreste	Puxinanã	27	17	16	30.4	24,2	55	88	399	0
Agreste	Queimadas	18	24	15	30.2	24,2	40	101	734	0
Agreste	Remígio	28	18	15	30.4	24,2	50	94	525	0
Agreste	Riachão	40	16	12	30.0	24,2	71	115	527	0
Agreste	Riachão do Bacamarte	38	17	12	30.2	24,2	73	113	482	2
Agreste	Riachão do Poço	40	16	12	30.2	24,2	86	124	508	56
Agreste	Salgado de São Félix	38	17	12	30.3	24,2	75	113	474	22
Agreste	São José dos Ramos	40	16	12	30.2	24,2	78	123	537	1
Agreste	São Miguel de Taipu	40	16	12	30.3	24,2	92	125	483	89
Agreste	Serra Redonda	35	16	14	30.3	24,2	79	104	382	74
Agreste	Sobrado	40	16	12	30.2	24,2	88	124	502	62
Agreste	Solânea	34	15	15	30.2	24,2	73	99	381	73
Agreste	Umbuzeiro	28	18	15	30.4	24,2	66	99	433	35

Região Pluviométrica	Município	Iv Σ	Irs Σ	Irf Σ	Cv (%)	T (°C)	P média (mm)	ETP médio (mm)	D ano (mm)	EXC ano (mm)
Brejo	Alagoa Grande	40	16	12	30.2	25,1	79	116	454	17
Brejo	Alagoa Nova	43	10	15	30.3	23,3	103	97	239	313
Brejo	Alagoinha	43	10	15	30.3	23,3	103	97	239	313
Brejo	Araçagi	32	19	12	29.3	25,3	74	119	629	82
Brejo	Areia	45	9	15	30.3	23,2	115	97	214	428
Brejo	Bananeiras	44	11	14	30.2	24,2	98	104	316	246
Brejo	Belém	40	16	12	30.2	24,2	76	114	475	20
Brejo	Borborema	39	12	15	30.3	24,2	94	102	317	216
Brejo	Caiçara	38	17	12	30.1	24,2	65	120	654	0
Brejo	Capim	42	16	12	30.2	24,2	99	124	547	243
Brejo	Cuité de Mamanguape	44	14	12	30.2	24,2	102	124	451	186
Brejo	Cuitegi	40	16	12	30.1	24,2	92	119	432	114
Brejo	Curral de Cima	46	13	12	30.2	24,2	106	122	440	240
Brejo	Duas Estradas	42	15	12	30.1	24,2	91	121	458	100
Brejo	Guarabira	42	15	12	30.1	24,2	96	123	444	127
Brejo	Itapororoca	30	20	12	30.2	24,2	81	124	581	64
Brejo	Jacaraú	42	15	12	30.2	24,2	92	120	475	132
Brejo	Lagoa de Dentro	40	16	12	30.1	24,2	73	121	579	0
Brejo	Logradouro	30	21	12	30.1	24,2	63	122	709	0
Brejo	Mari	40	16	12	30.2	24,2	83	121	489	42
Brejo	Matinhas	36	14	15	30.3	24,2	80	98	312	100
Brejo	Mulungu	36	18	12	30.2	24,2	69	122	635	0
Brejo	Pedro Régis	44	14	12	30.2	24,2	105	121	443	253
Brejo	Pilões	43	12	14	30.2	24,2	101	105	262	224
Brejo	Pilõeszinhos	46	13	12	30.2	24,2	90	109	362	126
Brejo	Pirpirituba	42	15	12	30.1	24,2	85	118	438	43
Brejo	Sapé	40	16	12	30.3	24,2	88	123	515	94
Brejo	Serra da Raiz	42	15	12	30.2	24,2	87	114	422	99
Brejo	Serraria	45	9	15	30.3	24,2	107	100	231	313
Brejo	Sertãozinho	42	15	12	30.1	24,2	91	121	456	99
Litoral	Alhandra	58	9	12	30.4	24,2	153	124	322	674
Litoral	Baía da Traição	54	12	12	30.3	24,2	146	127	410	633
Litoral	Bayeux	48	13	12	30.4	24,2	122	127	402	347
Litoral	Caaporã	58	9	12	30.4	24,2	160	126	300	709
Litoral	Cabedelo	52	13	12	30.4	24,2	137	130	470	553
Litoral	Conde	54	11	12	30.4	24,2	145	125	310	546
Litoral	Cruz do Espírito Santo	46	13	12	30.3	24,2	103	125	398	140
Litoral	João Pessoa	54	12	12	30.4	24,2	148	127	389	638
Litoral	Lucena	52	12	12	30.3	24,2	135	127	414	514
Litoral	Mamanguape	48	13	12	30.2	24,2	118	122	393	342
Litoral	Marcação	54	11	12	30.3	24,2	134	125	381	492
Litoral	Mataraca	48	13	12	30.2	24,2	117	126	422	311
Litoral	Pedras de Fogo	50	13	12	30.4	24,2	117	120	403	366
Litoral	Pitimbu	60	8	12	30.5	24,2	165	126	303	767
Litoral	Rio Tinto	52	12	12	30.3	24,2	130	125	394	451
Litoral	Santa Rita	52	12	12	30.4	24,2	121	124	404	367

Legenda: Ih - Índice hídrico proveniente do balanço hídrico, Iv - Índice de vegetação, Irs - Índice de repouso por seca, Irf - Índice de repouso por frio, Cv - concentração da ETP no trimestre mais quente, T - Temperatura média anual, P - Precipitação, ETP - Evapotranspiração potencial e EXC - Excesso hídrico.

A temperatura média anual verificada foi de 21,15°C, com valor máximo e mínimo correspondente a 25,30 e 21,9°C respectivamente (Tabela 14). De acordo com Matos et al. (2014), esse intervalo respeita os limites de temperatura correspondentes aos cultivos da região. O mesmo autor supracitado desta que para a obtenção de um bom desenvolvimento fisiológico, o intervalo de temperatura deve respeitar o limite entre 18 e 34°C. Temperaturas abaixo ou acima destas faixas podem prejudicar o desenvolvimento das estruturas reprodutivas das plantas, promovendo o abortamento e a senescência foliar.

De acordo com os dados presentes na Tabela 14, o município de Cabaceiras (Região Pluviométrica do Cariri/Curimataú) apresentou o maior déficit hídrico dentre as localidades analisadas, valores este correspondente a 866mm. Moreira (1997) evidencia que em Cabaceiras são registrados os menores índices pluviométricos do Brasil, algo que corrobora com os resultados apresentados. Os limites

inferiores, menores déficits hídricos, foram observados para os municípios de Areia (Brejo) e Areial (Agreste), o que pode ser justificado por índices pluviométricos relevantes, em comparação com as demais regiões estudadas, juntamente com menor evapotranspiração e maiores excessos hídricos.

Para garantir produtividade em quantidade e qualidade coerentes com as demandas das culturas, que é primordial que sejam utilizados, nas regiões de maior déficit hídrico, sistemas de irrigação eficientes, que possam apresentar menores perdas de água, seja na distribuição ou aplicação da água. (SANTOS et al., 2010).

Os valores de Iv, Irs e Ih (Tabela 14) foram calculados com base nos dados do balanço hídrico climatológico e da relação da evapotranspiração e precipitação. Conforme destacado por Francisco et al., (2011), estes índices indicam as condições para que as culturas possam ser exploradas de maneira sustentável, por meio de uma operação que permita práticas de gestão e planejamento adequadas.

Determinando o zoneamento agroclimático para o município de São João do Cariri–PB, com base em diversas culturas, Medeiros et al. (2015) observou resultados similares aos encontrados no presente estudo. Para a cultura do feijão e do caju, por exemplo, a aptidão determinada (de acordo com o valor calculado para Iv, presente na Tabela 13) foi restrita, o que caracteriza a existência de deficiência hídrica acentuada, necessitando suprimento d'água por irrigação, resultado análogo ao apresentado por Medeiros et al. (2015).

Por possibilitar tais informações, o zoneamento de aptidão climática é poderosa ferramenta para o planejamento do calendário agrícola, na definição das linhas de financiamento rural e na avaliação de impactos climáticos sobre o rendimento das culturas. Além das mais, o zoneamento agroclimático de várias culturas tais como café, cana-de-açúcar, algodão e laranja, tem sido elaborado de maneira exitosa para várias regiões do Brasil (ASSAD et al., 2013; NUNES et al., 2007; SILVA et al., 2009; MEDEIROS et al., 2009; POSSAS et al., 2012).

Os percentuais de municípios paraibanos enquadrados em cada mesorregião, nos doze meses do ano, podem ser visualizados na Tabela 15, como o caso do litoral apresentando o maior número de municípios contidos no setor hídrico sub-úmido, úmido e super-úmido, o que favorece a ocorrência das práticas agrícolas em elevado potencial. Municípios inseridos no sertão, por exemplo, apresentaram classificação correspondente ao setor húmido e super-úmido, este de maneira bem mais discreta, durante os meses de maior precipitação, já que existe uma grande variabilidade interanual, com chuvas concentradas em poucos meses do ano.

Tabela 15. Percentuais de municípios enquadrados nas mesorregiões durante os meses do período analisado

Região/Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total	Média
Alto sertão														
Árido	0	0	0	0	0	0	79	100	100	100	92	13	0	0
Seco	0	0	0	0	0	85	21	0	0	0	8	77	0	0
Sub-úmido	77	0	0	0	90	15	0	0	0	0	0	10	77	100
Úmido	23	100	77	92	10	0	0	0	0	0	0	0	23	0
Super-úmido	0	0	23	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hiper-úmido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sertão														
Árido	0	0	0	0	0	11	66	100	100	100	100	79	0	0
Seco	15	0	0	0	2	68	32	0	0	0	0	19	2	15
Sub-úmido	81	23	0	2	79	21	2	0	0	0	0	2	83	85
Úmido	4	77	96	94	19	0	0	0	0	0	0	0	15	0
Super-úmido	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hiper-úmido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cariri/Curimataú														
Árido	21	0	0	0	0	0	9	79	92	100	100	92	0	0
Seco	58	25	2	0	23	40	53	13	8	0	0	8	0	72
Sub-úmido	21	74	45	40	70	51	30	6	0	0	0	0	19	28
Úmido	0	2	53	60	8	8	8	2	0	0	0	0	81	0
Super-úmido	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Hiper-úmido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brejo														
Árido	0	0	0	0	0	0	3	6	13	94	87	68	0	0
Seco	55	13	6	0	0	3	3	0	58	6	13	32	0	0
Sub-úmido	42	81	42	23	10	3	0	52	29	0	0	0	90	87
Úmido	3	6	52	77	90	65	71	42	0	0	0	0	10	13
Super-úmido	0	0	0	0	0	29	23	0	0	0	0	0	0	0

Região/Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total	Média
Hiper-úmido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agreste														
Árido	5	0	0	0	0	0	0	0	13	100	100	95	0	0
Seco	79	42	3	0	0	0	0	3	76	0	0	5	0	13
Sub-úmido	16	55	79	34	29	3	3	79	11	0	0	0	74	82
Úmido	0	3	18	66	71	87	87	18	0	0	0	0	26	5
Super-úmido	0	0	0	0	0	11	11	0	0	0	0	0	0	0
Hiper-úmido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Litoral														
Árido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81	75	63	0	0
Seco	13	0	0	0	0	0	0	0	6	19	25	38	0	0
Sub-úmido	88	94	31	0	0	0	0	6	88	0	0	0	100	38
Úmido	0	6	69	100	44	6	25	94	6	0	0	0	0	63
Super-úmido	0	0	0	0	56	94	75	0	0	0	0	0	0	0
Hiper-úmido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Conclusão

Este trabalho permitiu a verificação de índices culturais para todas as regiões do estado da Paraíba. A quantificação dos índices forneceu informações imprescindíveis para uma efetiva gestão e planejamento da produção agrícola, sendo um subsídio, por exemplo, para órgãos atuantes na respectiva área.

As regiões do estado da Paraíba, apresentam as melhores áreas para explorar-se ao máximo seu potencial o que fortaleceu para os cultivos a região litorânea, que apresenta na maioria de seus municípios, os setores hídricos sub-úmido, úmido e super-úmido, condições importantes para o desenvolvimento fenológico da cultura.

As áreas identificadas com Potencial e identificadas no setor hídrico sub-úmido e úmido para a região alto sertão corresponde a 5 cinco meses; para região do sertão ocorre em 4 quatro meses; para a região Cariri/Curimataú só ocorre em 1 um mês; na região do brejo os setores hídricos ocorre em 6 seis meses e na região do litoral ocorre em um período de 10 dez meses com um veranico em janeiro.

Referências Bibliográficas

- ASSAD, E. D.; MARTINS, S. M.; BELTRÃO, N. E. DE M.; PINTO, H. S. Impacts of climate change on the agricultural zoning of climate risk for cotton cultivation in Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.48, p.1-8, 2013.
- BARRETO, P. N.; SILVA R. B. C.; SOUZA, W. S.; COSTA, G. B.; NUNES, H. G. G. C.; SOUSA, B. S. B. Análise do balanço hídrico durante eventos extremos para áreas de floresta tropical de terra firme da Amazônia Oriental. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 16, 2009, Belo Horizonte. Anais...Belo Horizonte, 2009.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 7.ed. São Paulo, Ícone, 2010. 355p.
- BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A. L. L. (Eds.). Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: ABRH, 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Escritório de Pesquisa e Experimentação. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. I. Levantamento exploratório de reconhecimento dos solos do Estado da Paraíba. II. Interpretação para uso agrícola dos solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro: 1972. 683p. (Boletim Técnico, 15; SUDENE. Série Pedologia, 8).
- CAMARGO, A. P. Balanço hídrico no Estado de São Paulo. Boletim Técnico n.116, 1971, IAC. 24p.
- CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. P. R.; SOUSA, F. A. S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, n.1, p.140-147, 2006.
- CAVALCANTI, E. P.; SILVA, E. D. V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia. Belo Horizonte, Anais...Belo Horizonte: SBMET, 1994, v.1, p.154-157. 1994.
- CRUZ, J. C.; MAGALHAES, P.; PEREIRA FILHO, I. A.; MOREIRA, J. Milho: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Embrapa Milho e Sorgo-Colec Criar, Plantar, ABC, 500P/500R (INFOTEC). 2011.
- FRANCISCO, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. 122f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.

- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. de B.; LIMA, E. R. V. de. Mapeamento das terras para mecanização agrícola – Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.5, n.2, p.233-249, 2012.
- FRANCISCO, P. R. M.; PEREIRA, F. C.; BANDEIRA, M. M.; MEDEIROS, R. M. de; SILVA, M. J. da; SILVA, J. V. do N. Mapeamento pedoclimático da cultura da mamona no Estado da Paraíba. *Revista de Geografia*, v.30, n.3, 2013.
- FRANCISCO, P. R. M.; PEREIRA, F. C.; MEDEIROS, R. M. SÁ, T. F. F. Zoneamento de risco climático e aptidão de cultivo para o município de Picuí–PB. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.5, p.1043-1055, 2011.
- FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M. de; SANTOS, D.; MATOS, R. M. de. Classificação Climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.8, n.4, 2015.
- GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. *Hidrologia*. 2. ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1988.
- HORIKOSHI, A. S.; FISCH, G. Balanço Hídrico atual e simulações para cenários climáticos futuros no município de Taubaté, SP, Brasil. *Revista Ambiente e Água: An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v.2, p.33-46, 2007.
- MATOS, R. M.; SILVA, J. A. S.; MEDEIROS, R. M. Aptidão climática para a cultura do feijão caupi do município de Barbalha–CE. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.8, n.6, p.422-431, 2014.
- MATOS, R. M. DE; MEDEIROS R. M. DE; FRANCISCO P. R. M.; SILVA P. F. DA. Caracterização e aptidão climática de culturas para o município de Alhandra-PB, Brasil. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.9, n.3, p.183–192, 2015.
- MEDEIROS, R. M. DE; AZEVEDO, P. V. DE; SABOYA, L. M. F.; FRANCISCO, P. R. M. Classificação climática e zoneamento agroclimático para o município de Amarante–PI. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.7, n.2, p.170–180, 2013.
- MEDEIROS, R. M. de; MATOS, R. M. de; SILVA, P. F. da; SABOYA, L. M. F.; FRANCISCO, P. R. M. Classificação climática e zoneamento agroclimático de culturas para São João do Cariri – PB. *Enciclopédia Biosfera*, v.11, n.21, p.2984, 2015.
- MEDEIROS, S. R. R.; MOURA, G. B. A.; GIONGO, P. R.; SILVA, A. P. N. Potencial agroclimático para a *Alpinia purpurata*, no Estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, p.165-169, 2009.
- MELLO, C. R. DE; SILVA, A. M. DA. Modelagem estatística da precipitação mensal e anual e no período seco para o Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, n.1, p.68-74, 2009.
- MOREIRA, E. R. F.; TARGINO, I. *Capítulos de geografia agrária da Paraíba*. João Pessoa: Editora Universitária. UFPB, 1997.
- NUNES, E. L.; AMORIM, R. C. F.; SOUZA, W. G.; RIBEIRO, A.; SENNA, M. C. A.; LEAL, B. G. Zoneamento agroclimático da cultura do café para a Bacia do Rio Doce. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.22, p.297-302, 2007.
- OMETTO, J. C. *Bioclimatologia vegetal*. São Paulo, Agronômica Ceres, 1981. 440p.
- PARAÍBA. Secretaria de Agricultura e Abastecimento–CEPA/PB. Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba. Relatório ZAP-B-D-2146/1. UFPB-Eleto Consult Ltda. 1978. 448p.
- PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo & Atlas. Brasília, DF, 2006. 112p.
- PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. Estimativa de evapotranspiração. Piracicaba: FEALQ, 1997. p.41-99.
- POSSAS, J. M. C.; CORREA, M. M.; MOURA, G. B. A.; LOPES, P. M. O.; CALDAS, A. M.; FONTES JÚNIOR, R. V. P. Zoneamento agroclimático para a cultura do pinhão-mansão no Estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, p.993-998, 2012.
- RAMALHO FILHO, A.; DA MOTTA, P.; FREITAS, P.; TEIXEIRA, W. Zoneamento agroecológico, produção e manejo para a cultura da palma de óleo na Amazônia. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2010.
- REICHARDT, K. *A água em sistemas agrícolas*. São Paulo, Manole, 1990. p.95-98.
- SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; ROSSETTI, J. C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.4, n.3, p.142-149, 2010.
- SILVA, K. R. da; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C.; PEZZOPANE, J. R. M.; GARCIA, G. de O. Zoneamento edafoclimático para a cultura da seringueira no Espírito Santo. *Irriga, Botucatu*, v.18, n.1, p.1-12, 2013.
- SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; MOURA, M. S. B.; SEDIYAMA, G. C. Potencial pedoclimático do estado da Bahia para o cultivo da atemóia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, p.566-574, 2009.

- SILVA, V. de P. R. da. Desenvolvimento Sustentável para o semi-árido Brasileiro. Curso de Especialização. Campina Grande, 2012. 58p.
- THORNTHWAITE, C. W. An approach towards a rational classification of climate. *Geographical Review*, London, v.38, p.55-94, 1948.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Publication in *Climatology* n° 8, Laboratory of Climatology, Centerton, N. J. 1955.
- TUCCI, C. E. M. Hidrologia - Ciência e Aplicação. Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. EDUSP/ABRH, 1993.

ÍNDICES DE SECA METEOROLÓGICA COMO INDICATIVOS PARA O PLANEJAMENTO URBANO DAS CIDADES DE PETROLINA, PE, E JUAZEIRO, BA

¹Hermes Alves de Almeida

²Maysa Porto Farias

¹Prof. Dr. Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional, hermes_almeida@uol.com.br

²Geógrafa, Mestre em Desenvolvimento Regional, UEPB, maysaportofarias@gmail.com

Introdução

Nas discussões referentes ao semiárido, uma questão emerge de imediato: a água, a chuva e a seca. É comum se afirmar que não chove o suficiente e que a falta de água é o maior problema. Na realidade, o que existe é uma diferença marcante no modelo de distribuição de chuvas, tanto em quantidade quanto em distribuição temporal, quando se compara uma microrregião com outra (BAPTISTA & CAMPOS, 2013).

A precipitação pluvial como principal componente do ciclo hidrológico se redistribui de forma desigual entre as diversas regiões do planeta, podendo ser afetada por ações antrópicas capazes de alterar sua disponibilidade em termos quantitativos e qualitativos.

No nordeste brasileiro (NE), a chuva resulta de acoplamentos de vários sistemas atmosféricos, com predominância para os da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que, ao se deslocar mais ao sul do equador, nos meses de fevereiro a março, influencia o regime pluvial na parte setentrional do NE e na região norte do Brasil (Uvo, 1989). Já, a variabilidade interanual está relacionada diretamente às características termodinâmicas predominantes sobre os oceanos Pacífico e Atlântico tropicais (WANG, 2002).

O regime pluvial no semiárido nordestino caracteriza-se pela irregularidade espacial e temporal tanto em quantidade quanto em distribuição com, pelo menos, sete meses sem chuvas. Até mesmo na curta estação chuvosa, a quantidade e a duração são variáveis, quando se compare um local com outro, as chuvas podem ser torrenciais e irregulares ou, até mesmo, de não chover. Por isso, eleva o risco da exploração agrícola (ALMEIDA & FARIAS, 2015).

A microrregião do vale do São Francisco e, em particular, nos polos de fruticultura de Petrolina, PE, e Juazeiro, BA, por fazer parte do semiárido nordestino, tem como característica marcante, um curto período chuvoso, que perdura por três a quatro meses, e um sem chuva, com cerca de oito a nove meses de duração. Ressalta-se, entretanto, que em regiões com clima semiárido, em geral, até a estação chuvosa pode coincidir, em alguns dos anos, com chuvas irregulares em quantidade e/ou em distribuição de chuvas ou simplesmente, sem chuvas significativas (ALMEIDA et al., 2013; ALMEIDA & CABRAL JÚNIOR, 2014).

A seca como um fenômeno temporário, não deve ser confundida com aridez que é uma característica permanente do clima (ALMEIDA, 2017), embora a seca tenha propriedades bem características e distintas que a diferencia de outros fenômenos. Uma característica comum aos diferentes tipos de seca é o déficit de chuvas. Para Mckee et al. (1993), não existe uma definição de seca válida para qualquer região e/ou para todas as questões sociais e econômicas.

O fenômeno da seca é sempre sinônimo de tragédia, por provocar grandes problemas sociais e econômicos; destrói as atividades agrícolas e pecuárias e agrava-se a falta de água, até mesmo, para consumo humano e dessedentação animal (COSTA, 2013).

Para Heim Junior (2002), o grande número de setores da sociedade afetado pela seca, a diversidade geográfica e a magnitude dificultam a escolha de uma definição universal. Isso se deve, entretanto, a falta de entendimento das reais implicações sociais, o que torna ineficaz as medidas para combatê-la (WILHITE et al., 2000), embora seja possível compreendê-la e, portanto, mitigar consideravelmente os impactos através do seu monitoramento.

A rigor não existe um conceito universal de seca. Por isso, interpreta-se de modo diferente, por que há características locais distintas, que dependem da inter-relação dos sistemas naturais sujeitos às flutuações do tempo e os sistemas construídos pelo homem, com exigências e vulnerabilidades próprias.

Assim sendo, conceituá-la exige adequar a abordagem à precipitação, a agricultura, a hidrologia e a socioeconômica, caracterizando-se, portanto, quatro tipos de secas: meteorológica, agrícola, hidrológica e socioeconômica (WILHITE, 1999).

Em síntese, a seca meteorológica é caracterizada pelo déficit de chuva em relação à média; a hidrológica, pela redução dos níveis de água em reservatórios superficial e subterrânea; a agrícola, pela disponibilidade de água no solo, para o crescimento e desenvolvimento das plantas, e a socioeconômica, aos impactos sobre as atividades humanas. Para Wilhite (2003), todas as secas resultam da deficiência de chuvas e, portanto, afeta as atividades agrícolas e pecuárias, o abastecimento de água, para fins de consumo humano e dessedentação animal, e os demais segmentos de serviços da sociedade.

Como existem diferentes concepções da seca, há distintos procedimentos e índices para avaliar o referido fenômeno. Além disso, a seca difere de outros eventos extremos do tempo, por que os seus efeitos são, geralmente, acumulativos e perduram após o seu término (FERNANDES et al., 2003).

Os índices de seca meteorológica são ferramentas importantes para monitorar e avaliar as severidades das secas. Diante disto, houve a necessidade de estudar os regimes pluviais e hídricos de Petrolina, PE, e Juazeiro, BA, utilizando-se os índices de seca meteorológica da Porcentagem Normal (IPN), Anomalia de Chuva (IAC), chuva de Lang (ICL) e o padronizado de precipitação modificado (SPIM), como indicativos para o planejamento urbano das referidas cidades, sendo essas determinações os objetivos principais deste trabalho.

Material e Métodos

A área de estudo compreende as localidades de Petrolina, Pernambuco, latitude 09° 09' S, longitude 40° 22' W e altitude de 376 m e Juazeiro, Bahia, latitude 09° 24' S, longitude 40° 26' W e altitude de 371 m, como observa-se na Figura 1.

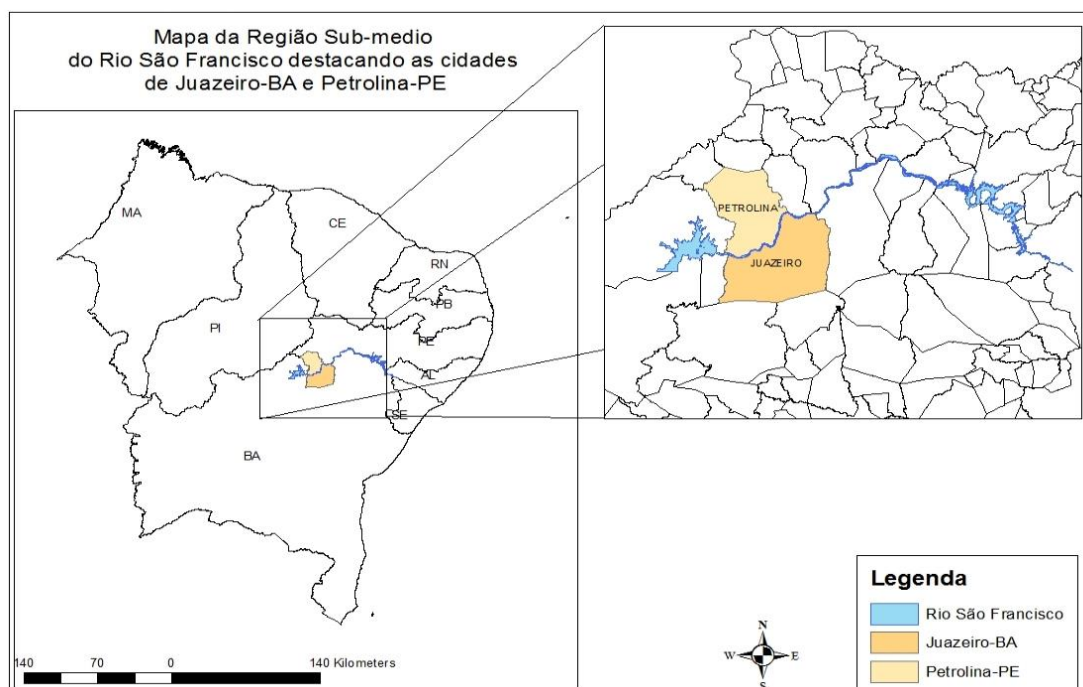


Figura 1. Croqui dos estados do nordeste do Brasil, com destaque para as localidades de Petrolina/PE e Juazeiro/BA.

Para a efetivação deste estudo, foram utilizadas séries mensais e anuais de precipitação pluvial e temperatura do ar das localidades de Petrolina, PE, e Juazeiro, BA, correspondentes ao período de 01.01.1975 a 31.12.2014, extraídas diretamente do banco de dados da Embrapa Semiárido, disponibilizado no site da Embrapa semiárido (<http://www.cpatia.embrapa.br>).

As séries de dados mensais e anuais foram consistidas e analisadas, usando-se critérios da estatística climatológica, com descrição, equações e detalhamento propostos por Almeida e Farias (2015), Almeida et al. (2013), e Almeida (2012).

Utilizando-se a distribuição de frequência, os dados pluviométricos foram arranjados em classes ou categorias, sendo determinados: os intervalos de classe, com as suas respectivas frequências e elaborado os histogramas e polígonos de frequência.

O agrupamento dos dados mensais e anuais de chuvas foi feito usando a distribuição de frequência e obedecendo à sequência cronológica. Em seguida, determinaram-se as medidas de tendência central (média e mediana) e de dispersão (amplitude, desvio padrão e coeficiente de variação).

O critério utilizado para estabelecer a estação chuvosa foi o da sequência de meses com os maiores valores médios mensais de cada localidade, os anos mais chuvosos (maior total anual) e mais secos (menor total anual), referentes a toda série de cada localidade.

As variabilidades temporais da chuva, na estação chuvosa, anual e/ou por década, para cada local, foram calculadas com base nas respectivas médias, comparando-se os totais observados, em cada uma das escalas temporais, com a média da série $\pm$ o desvio padrão (DP), adotando-se os procedimentos metodológicos propostos por Almeida e Cabral Júnior (2014).

Constatado que o modelo de distribuição de chuvas é assimétrico, a medida de tendência central utilizada foi a mediana e, portanto, adotada para estabelecer a estação chuvosa e os demais períodos analisados.

Para monitorar os índices de seca meteorológica foram utilizadas quatro metodologias distintas descritas nos índices quantificadores de secas, a saber: 1) de Porcentagem Normal (IPN), 2) de Anomalia de Chuva (IAC), 3) de chuva de Lang (ICL) e 4) Padronizado de Precipitação Modificado (SPIM), cujas equações e critérios serão descritos a seguir:

a) Índice de porcentagem normal (IPN) foi determinado conforme metodologia proposta por Sayari et al. (2013) mediante a expressão:

$$IPN = \frac{Patual}{Pmédia} \times 100$$

b) Índice de Anomalia de Chuva (IAC) foi determinado mediante a fórmula adotada por Rooy (1965), com adaptações feitas para as anomalias positiva e negativa:

$$IAC = 3 \times \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{M} - \bar{N})} \right], \text{ para anomalias positivas}$$

$$IAC = -3 \times \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right], \text{ para anomalias negativas}$$

c) o Índice de chuva de Lang (ICL) relaciona a precipitação pluvial com a temperatura

$$ICL = \frac{P}{T}$$

d) Índice Padronizado de Precipitação Modificado (SPIM). Em virtude de o modelo de distribuição de chuva ser assimétrico, o Índice Padronizado de Precipitação (SPI) proposto por McKee et al. (1993), foi modificado por Almeida e Silva (2008), substituindo a média pela mediana, de acordo com a seguinte expressão:

$$SPIM = \left(\frac{P - Med}{Dp} \right)$$

Sendo: P (atual) - precipitação atual, mm; P (média) - precipitação média, mm; P - precipitação mensal ou anual, mm; T - temperatura média anual, °C; N - precipitação observada - mm; $\bar{N}$ - precipitação média da série histórica, mm; $\bar{M}$ - média dos dez maiores valores de precipitações da série histórica, mm; $\bar{X}$ - média dos dez menores valores de precipitações da série histórica, mm; Med - mediana mensal ou anual da chuva, mm; Dp - desvio padrão da média da chuva, mm.

As categorias de umidade ou de secas foram estabelecidas a partir dos valores do SPIM de acordo com Almeida e Silva (2008) e as demais são mostradas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Categorias de umidade e/ou de seca enquadradas mediante os índices da porcentagem normal (IPN) e de chuva de Lang (ICL)

IPN	Classificação	ICL	Classificação
IPN > 90,0 %	Normal	ICL > 160	Úmido
70 % < IPN < 89,9 %	Seca suave	100 < ICL < 160	Úmido Temperado
50 % < IPN < 69,9 %	Seca moderada	60 < ICL < 100	Temperado quente
30 % < IPN < 49,9 %	Seca severa	40 < ICL < 60	Semiárido
IPN < 30%	Seca extrema	0 = < ICL < 40	Árido

Tabela 2. Categorias de umidade e/ou de seca enquadradas mediante os índices de anomalia de chuva (IAC) e de chuva de aridez de Martone (IAM)

IAC	Classificação	SPIM	Classificação
IAC ≥ 4,0	Extremamente úmido	SPIM ≥ 2,00	Extremamente úmido
2,0 ≤ IAC < 4,0	Muito Úmido	1,50 < SPIM < 1,99	Muito úmido
0,0 ≤ IAC < 2,0	Úmido	1,00 < SPIM < 1,49	Moderadamente úmido
-2,0 ≤ IAC < 0,0	Seco	0,99 < SPIM < -0,99	Próximo ao normal
-4,0 ≤ IAC < -2,0	Muito seco	-1,00 < SPIM < -1,49	Moderadamente Seco
IAC ≤ -4,0	Extremamente seco	-1,50 < SPIM < -1,99	Muito Seco
		SPIM ≤ -2,0	Extremamente seco

Os cálculos dos regimes pluviais e dos índices de monitoramento de secas, as análises estatísticas e a elaboração dos gráficos foram feitas utilizando-se a planilha eletrônica Excel.

Resultados e Discussão

As médias mensais da média, mediana e desvio padrão (DP) da chuva das localidades de Petrolina e Juazeiro, para o período estudado, são mostrados, respectivamente, nas Figuras 2 e 3.

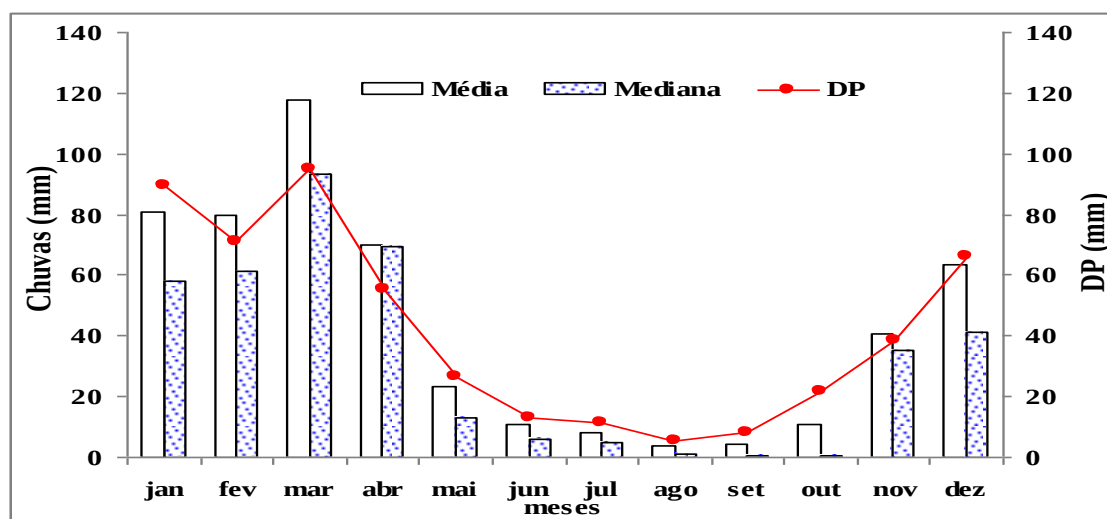


Figura 2. Médias mensais das médias, medianas e desvio padrão da precipitação pluvial de Petrolina, PE.

Observa-se que, as médias aritméticas mensais estão sempre associadas a uma elevada dispersão, mostradas através dos respectivos desvios padrão da média. Ao se comparar uma localidade com a outra, constata-se que não há praticamente diferenças visíveis no modelo de distribuição mensal de chuvas, tanto na quantidade quanto na distribuição ao longo do ano, embora exista, em ambas, uma elevada irregularidade quantificada através dos desvios padrão da média.

Numa simples visualização nas Figuras 2 e 3, nota-se que, as médias mensais das médias são superiores às da mediana, ou seja, que há uma assimetria e o coeficiente de assimetria de Person é positivo.

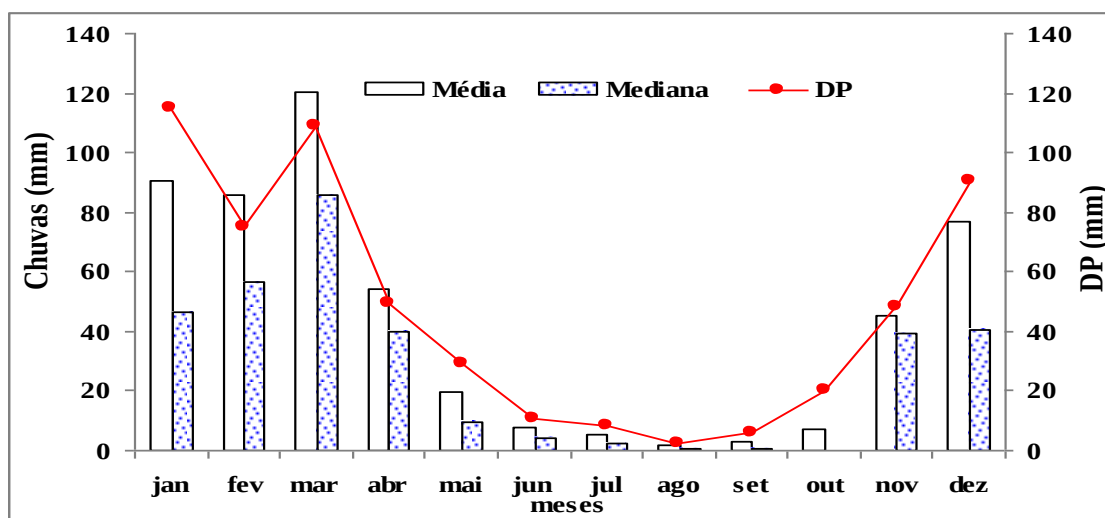


Figura 3. Médias mensais das médias, medianas e desvio padrão da precipitação pluvial de Juazeiro, BA.

Para esse tipo de modelo de distribuição, a média passa a não ser o valor mais provável de ocorrer. Por isso, deve-se adotar a mediana como medida de tendência central, em vez da média, o que corrobora com os resultados encontrados para outras localidades por Almeida e Medeiros (2017), Almeida (2012), e Oliveira et al. (2012).

Constata-se, também, que a estação chuvosa, em ambas as localidades, se concentra de janeiro a março, com a pré-estação entre novembro e dezembro e a pós-estação em abril (Figuras 2 e 3). O acumulado nesse período é de 69,7% para Petrolina, contra 75,4% para Juazeiro. Além da quantidade, há diferenças, também, na duração e distribuição, quando comparadas entre si, embora distantes, em linha reta, em menos de 20 km, com base no local de coleta de dados (estações meteorológicas).

Para um melhor entendimento das oscilações pluviais, é necessário entender os conceitos de variabilidade e mudança climática. A escala temporal do clima é de, no mínimo, 30 anos de sequenciamento do tempo. A variação do clima é medida pela média $\pm$ o desvio padrão; Já a mudança climática é uma variação altamente significativa do elemento. Para averiguar se há ou não indício de variabilidade ou de mudança climática, associou-se as médias das décadas com o desvio padrão da média da série, como se observa nas Figuras 4 e 5.

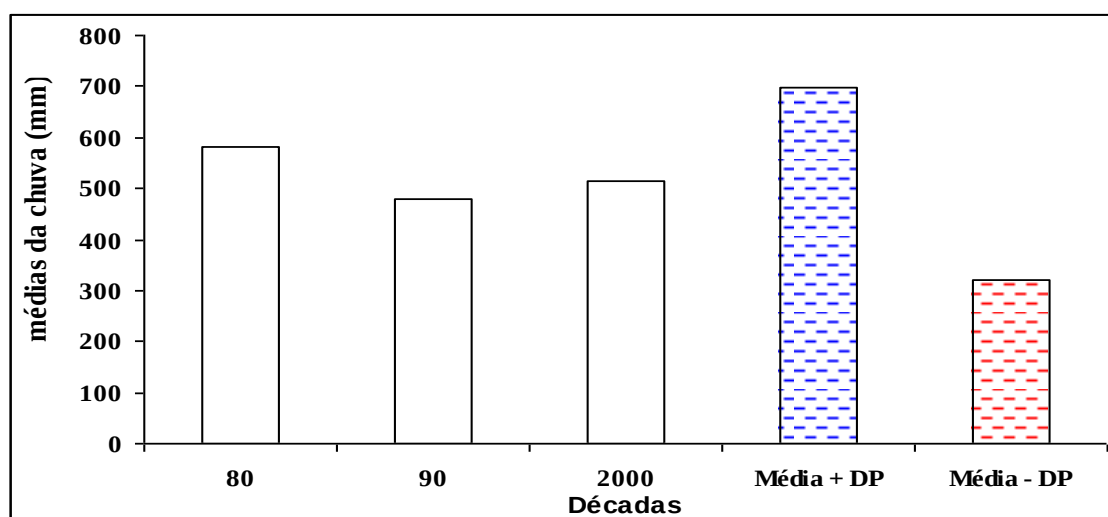


Figura 4. Médias anuais por décadas da precipitação pluvial em relação à média $\pm$ desvio padrão de Petrolina, PE.

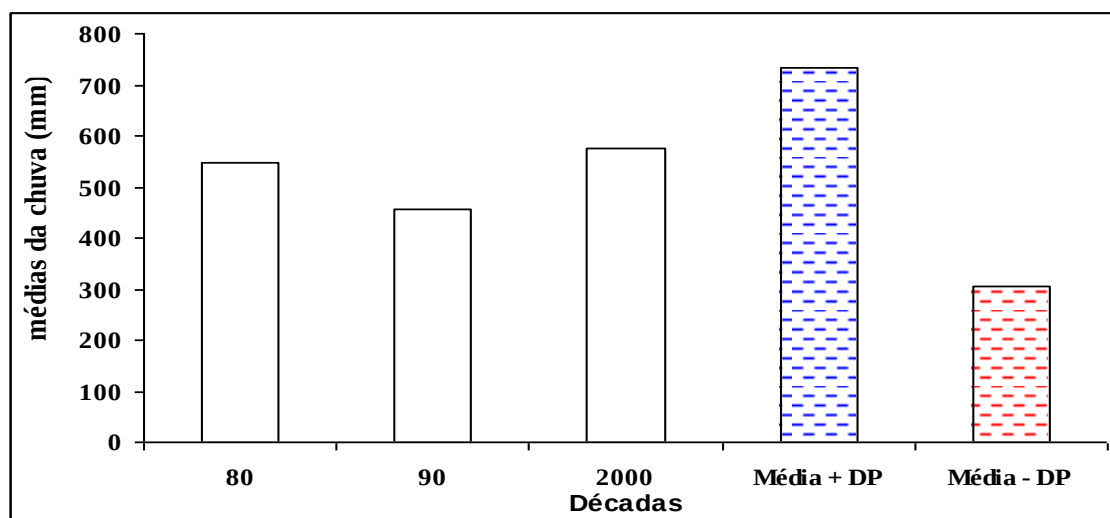


Figura 5. Médias anuais por décadas da precipitação pluvial em relação à média $\pm$ desvio padrão de Juazeiro, BA.

Comparando-se os valores das médias pluviiais, por décadas, com as médias + desvio padrão constata-se que em nenhuma delas os totais médios observados foram superiores. Isso demonstra, portanto, que as dispersões observadas nos dados pluviiais se enquadram como sendo variabilidade natural da chuva e não mudança.

Comparando-se os totais dos respectivos períodos e/ou locais, constata-se que há uma pequena diferença na quantidade, às vezes desprezível, quando se compara a década mais e/ou a menos chuvosa. A década de 1980 foi a mais chuvosa em Petrolina, com uma média de 583 mm, embora em Juazeiro tenha sido a de 2000 (média de 574 mm), ou seja, com diferença de apenas 1,6%. A década de 1990 foi coincidentemente a mais seca, em ambas as localidades, com diferença entre si de 5,2%. Essa sequência temporal mostra que a década de 90 foi a mais seca e a 2000, a mais chuvosa (00).

Destaca-se, ainda, que a década de 80, mais precisamente em 1985, foi o ano mais chuvoso em ambas as localidades, e 1993 o mais seco, em ambas as localidades, ou seja, 187,8 mm (Petrolina) e de 150,9 mm (Juazeiro).

O déficit entre a precipitação pluvial observada e a esperada, e/ou entre a precipitação e a evapotranspiração expressa à seca meteorológica, que influencia de forma negativa o desenvolvimento socioeconômico do semiárido e, em particular, o da microrregião do médio São Francisco, representada pelas localidades de Petrolina, PE, e Juazeiro, BA.

As frequências relativas dos índices de porcentagem normal para cada uma das respectivas categorias de secas, para as citadas localidades, são apresentadas na Figura 6.

Observa-se que a categoria de seca, por esse índice, é normal com frequência de 61,5% tanto para Petrolina quanto Juazeiro. No entanto, nas demais categorias há diferença entre si, ou seja, se enquadram, respectivamente, com frequência de 17,9 e 7,7% dos anos como de seca do tipo suave; 15,4 e 20,5% de moderada, 2,6 e 7,7% de severa e 2,6% (ambas) de extrema. Essas diferenças de categorias de seca não se devem somente a descrição, mas a magnitude e/ou a duração, ou seja, o que concorda que a percepção da seca não é única.

Analisando-se os procedimentos metodológicos do índice de porcentagem normal, para o estabelecimento da categoria seca suave, acredita-se que deveria ser agrupada ao tipo normal. Esse argumento concorda, em parte, Fernandes et al. (2009), ao classificar como “normais”, por que as oscilações foram dentro do intervalo do desvio padrão da série

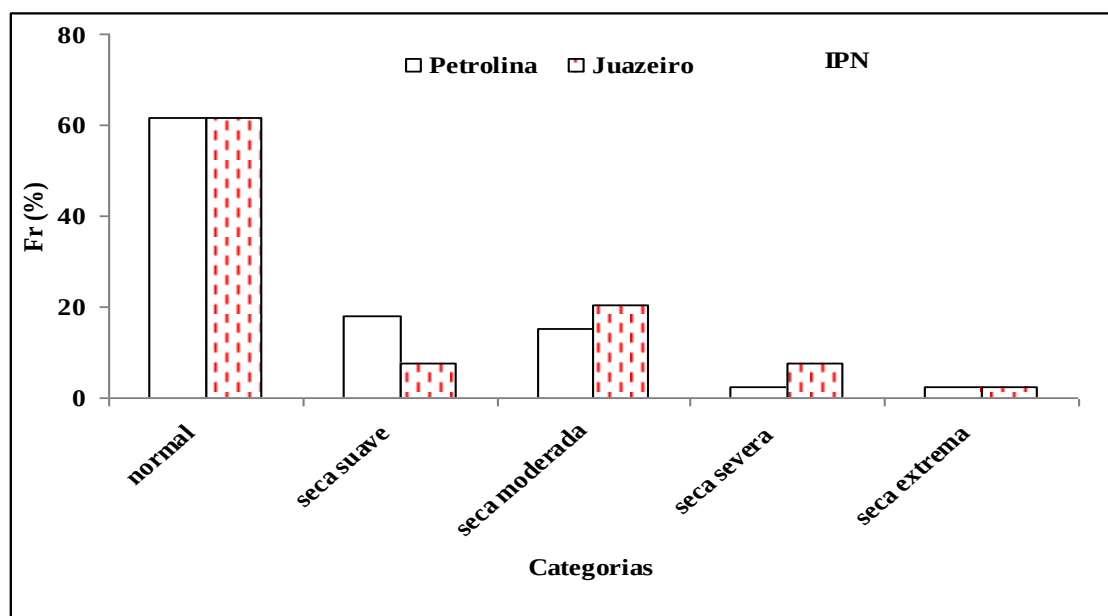


Figura 6. Frequência relativa do índice de porcentagem normal (IPN), para as respectivas categorias de secas, para Petrolina, PE, e Juazeiro, BA.

As frequências relativas dos índices de seca meteorológica estabelecidos por Lang (ICL) são mostradas na Figura 7. Observa-se que, em quase a totalidade dos anos analisados, para ambas as localidades, predominou na classificação de árido. Numa simples comparação entre esses dois locais, percebe-se que há convergência em algumas classes de clima seco, especialmente, nas denominadas de árida e semiárida.

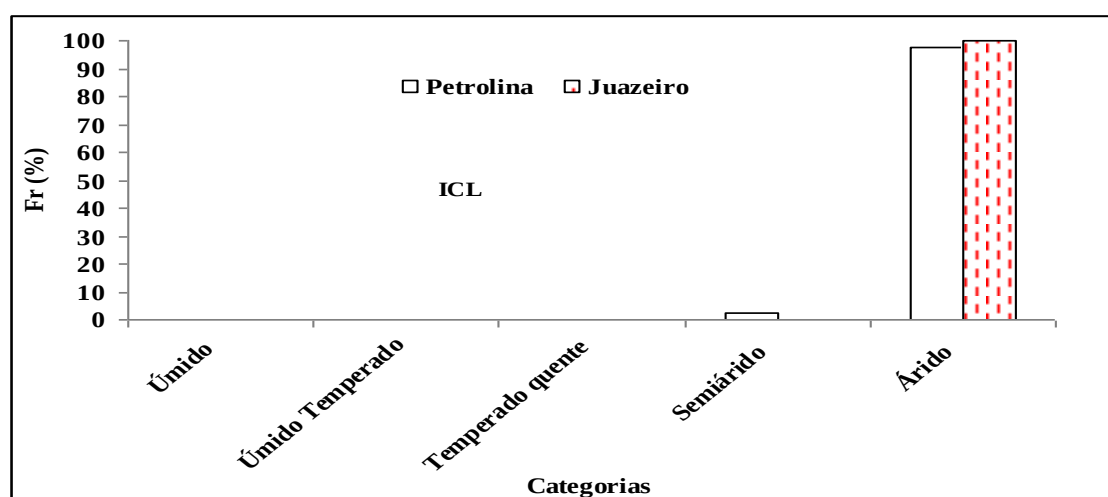


Figura 7. Frequência relativa do Índice de chuva de Lang (ICL), para as respectivas categorias de secas, para Petrolina, PE, e Juazeiro, BA.

Como esse índice (ICL) envolve além da precipitação pluvial a temperatura média do ar pode apresentar diferenças nas descrições das categorias. Assim, a categoria semiárido, por exemplo, coincidiu com 2,6 % dos anos como sendo os mais secos de cada localidade. Por isso, quanto mais baixo for o valor do(s) índice(s), mais árido será o clima, o que concorda com resultados encontrados por Almeida et al. (2013).

A categoria de seca temperada quente, que antecede a de semiárido, pela metodologia de Lang descrita pela Fernandes et al. (2009), só ocorre se houver uma precipitação três vezes maior que a média esperada e temperatura média anual de 26,1°C.

Os índices de anomalia de chuva identificados, individualmente, por anomalias positivas, ou seja, os anos úmidos ou chuvosos (retângulos na cor azul), e negativa, para os anos secos (na cor vermelha), para Petrolina e Juazeiro, são apresentados nas Figuras 8 e 9.

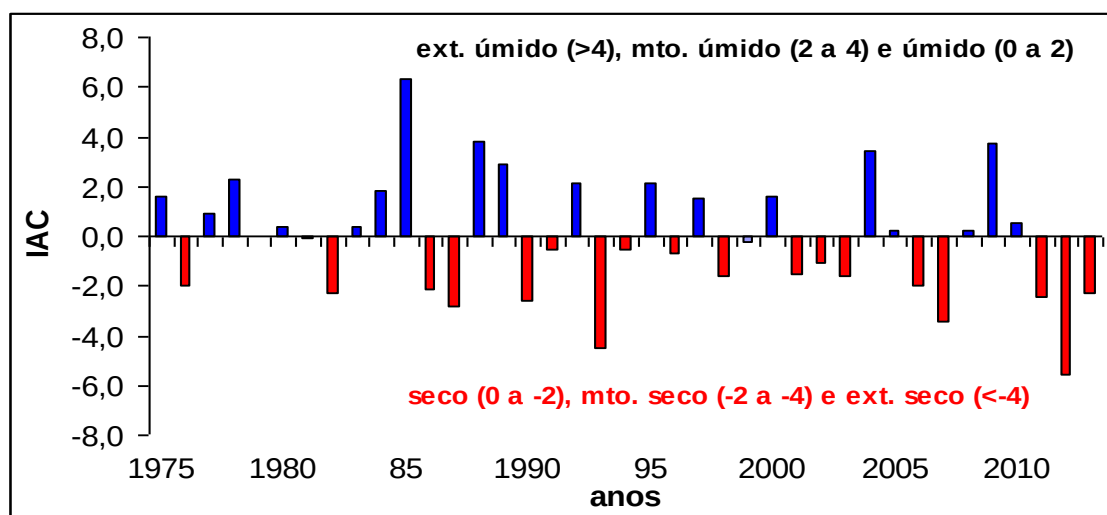


Figura 8. Valores dos índices de anomalia de chuva, para as respectivas classes de intensidade de categorias da seca, para Petrolina, PE.

Os quantitativos de anormalidades negativos foram um pouco maiores que os positivos, com 53,8 e 56,4% contra 46,2 e 43,6% dos anos, respectivamente. Observa-se (Figura 9), também, cinco pares de anos sequenciais com anomalias negativas (1981-82; 86-87; 90-91; 93-94 e 98-99) e dois com três anos seguidos (2001-03 e 2011-13).

Adotando-se o mesmo procedimento para Juazeiro (Figura 9), constata-se um quantitativo diferenciado, ou seja, houve quatro pares de anos juntos (1986-87; 93-94; 98-99 e 2006-07), dois com três (1981-83; 2001-03) e um com quatro (2010-13), indicando, respectivamente, chuvas observadas, nesses citados anos, inferiores à média esperada.

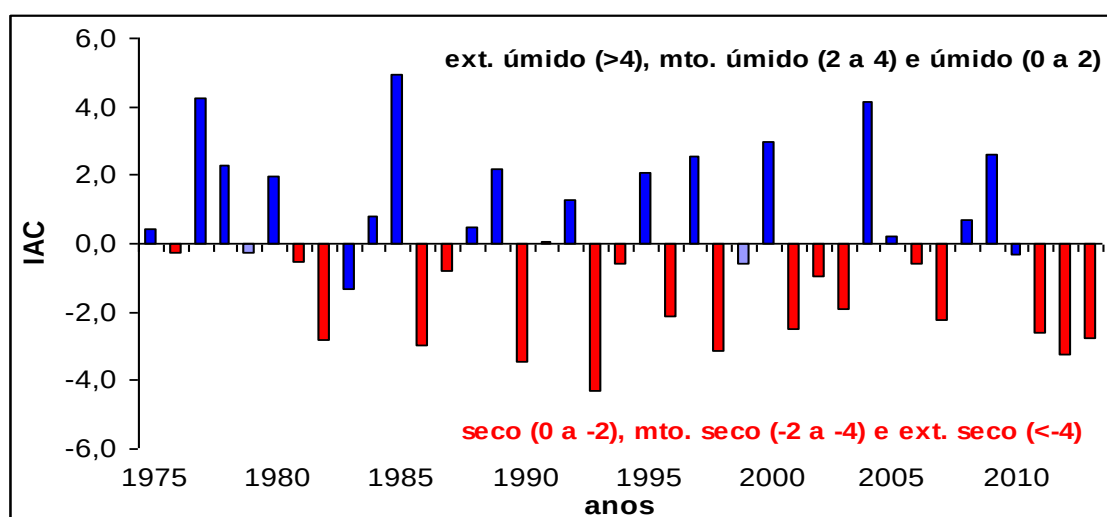


Figura 9. Valores dos índices de anomalia de chuva (IAC), para as respectivas classes de intensidade de categorias de secas, para Juazeiro, BA.

Por esse índice de anomalia de chuva, a frequência de secas em Juazeiro é um pouco maior que em Petrolina, tanto na forma temporal sequencial quanto na sua permanência. Análises semelhantes para as anomalias positivas, que foram um pouco menores que as negativas, como podem ser observadas na Figura 9, há cinco sequências contínuas de anos com essas condições, sendo três com pares seguidos (1977-78; 88-89 e 2004-05) e dois com três (1983-85 e 2008-10); já, para Juazeiro (Figura 10), nota-se sequências de seis anos seguidos com IAC positivo (1977-78; 84-85; 88-89; 91-92; 04-05 e 2008-09).

Destaca-se, ainda, que, para a condição extrema, ou seja, o ano mais chuvoso (1985) e/ou o mais seco (1993 ou 2012), que equivalem às anomalias (positiva e negativa), para ambas as localidades, os

valores numéricos do IAC correspondem, respectivamente, ao máximo e mínimo, embora eles não sejam iguais entre si.

Comparando-se esses resultados com os encontrados por Almeida e Farias (2015), para identificar os anos mais secos e/ou mais chuvoso para algumas localidades da microrregião do Cariri Oriental paraibano, há certa semelhança do ponto de vista do quantitativo de anos enquadrados como sendo extremamente secos e extremamente chuvosos.

Os resultados encontrados com o uso dos índices de anomalia de chuva, para a referida microrregião do médio São Francisco, se mostraram uma “ferramenta” eficaz para monitorar a variabilidade da chuva e/ou o fenômeno da seca e, portanto, corroboram com as afirmações encontradas por Da Silva (2009).

O índice padronizado de precipitação é um dos mais utilizados para diagnosticar o fenômeno da seca. As frequências relativas, em %, para as respectivas sete categorias de secas, para Petrolina e Juazeiro, são mostradas na Figura 10.

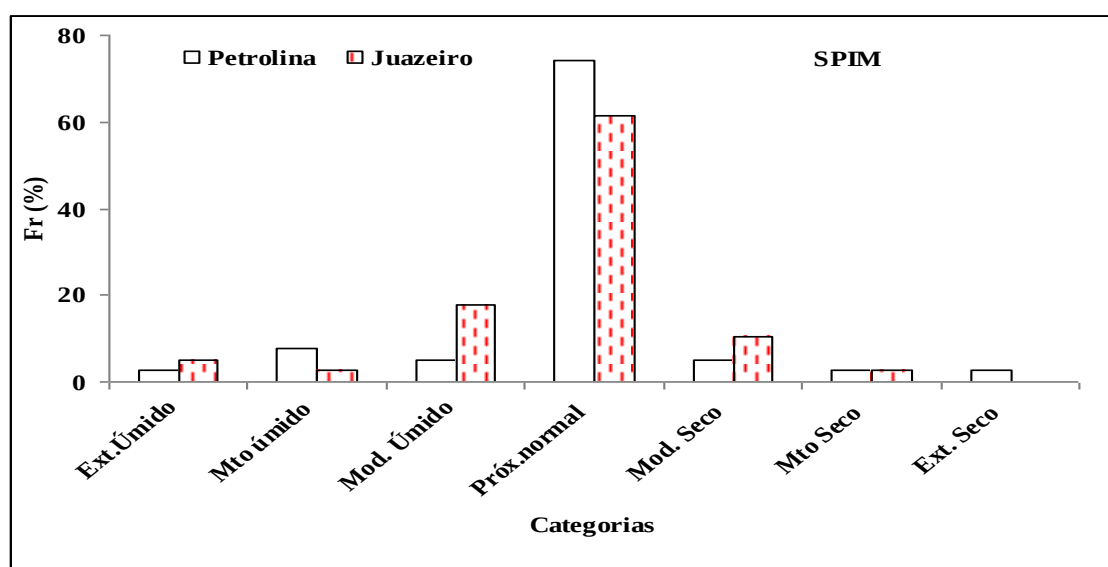


Figura 10. Frequências relativas do índice padronizado de precipitação modificado, para as respectivas categorias de secas, para Petrolina, PE, e Juazeiro, BA.

Observa-se, na (Figura 10), que a categoria predominante, enquadrada como próximo ao normal, teve um percentual de repetição de 74,4 % dos anos analisados para Petrolina e de 61,5 % dos de Juazeiro. Nota-se que para esse índice (SPIM) houve registro de frequência para todos os anos estudados, exceto Juazeiro para a classe extremamente seca.

Como já relatada anteriormente, o ano mais chuvoso, em ambas as localidades, foi 1985, com 1023,5 mm, em Petrolina, e 997,8 mm, em Juazeiro. Contudo, quando se compara o valor do índice padronizado de precipitação modificado de Petrolina, no ano de 1993, com o de Juazeiro, em 2012, que choveram 187,8 e 243,3 mm, respectivamente, os SPIMs foram de -1,66 e -1,17, ou seja, o índice não é um indicativo linear e, conseqüentemente, depende muito da dispersão da série (desvio padrão). Isso indica que para um mesmo valor de chuva, a categoria de seca de um local pode não ser a mesma. Embora Juazeiro chova menos que Petrolina, pelo critério do SPIM houve dois anos enquadrados como sendo extremamente úmido contra um da cidade pernambucana.

No entanto os índices de Anomalia de Chuva (IAC) e o Padronizado de Precipitação Modificado (SPIM) foram os índices que representaram melhor as características do regime pluvial das localidades analisadas, coincidindo entre si as classificações das categorias dos anos secos e úmidos, porém com nomenclaturas diferentes, devido às especificações de cada metodologia.

Como não existe uma definição universal para a seca, não há, também, nenhum método que coincida com a mesma categoria de seca. Há diferenças no enquadramento de seca, de acordo com as diferentes nomenclaturas da categoria, devido aos diferentes métodos utilizados e diferentes tipos e percepções de seca.

Muito embora a causa primária da seca resida na insuficiência ou na irregularidade da chuva, existem outras causas e efeitos que resultam em vários e diferentes tipos de seca. Todavia, não se pode

afirmar que o ano mais seco, do ponto de vista hidrológico, seja o mesmo de uma seca agrícola ou vice-versa, por que a seca resulta de um conjunto de variáveis, dentre elas, os escoamentos superficial e subterrâneo e o armazenamento de água.

Neste contexto, há uma grande necessidade de uma avaliação prévia de desempenho a fim de averiguar qual índice é melhor, contudo não se recomenda utilizar apenas um índice por que a categoria de seca resultante pode não refletir ou representar a realidade local e/ou regional.

Conclusão

Os regimes pluviais de Petrolina, PE, e Juazeiro, BA, são extremamente irregulares, assimétricos e, por isso, a mediana é a medida de tendência central recomendada, em vez da média. A estação chuvosa, para ambas as localidades, é variável em quantidade, distribuição e duração, concentrando-se de janeiro a março, sendo a pré-estação de novembro-dezembro e a pós-estação em abril.

O período chuvoso, nas duas localidades, ocorre entre o verão e o outono e chove 86% do total anual, em Petrolina, e 91%, em Juazeiro.

A variabilidade da média da precipitação pluvial, nas últimas três décadas, ocorreu dentro do intervalo de dispersão da média e, portanto, não há indícios de mudança no regime pluvial. A variabilidade temporal indica que meses ou anos extremamente secos podem ser precedidos e seguidos por períodos idênticos úmidos ou normais e vice-versa.

Os índices de padronizado de precipitação modificado (SPIM) e o de anomalia de chuva (IAC) foram os mais precisos para monitorar e/ou diagnosticar as severidades das secas e as anomalias da chuva. Como as descrições das categorias de seca são inerentes a cada método, não há como comparar uma categoria de seca de um índice com a do outro.

Referências

- ALMEIDA, H. A. de. Índices de secas e a influência do fenômeno El Niño na estação chuvosa de Ipiaú, BA. *Agrotrópica*, v.29, n.1, p.51-62, 2017.
- ALMEIDA, H. A. de; MEDEIROS, E. A. Variabilidade no regime pluvial em duas mesorregiões da Paraíba e sua relação com o fenômeno EL Niño Oscilação Sul. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, v.2, n.3, p.177-185, 2017.
- ALMEIDA, H. A. de; FARIAS, M. P. Regime pluvial e potencial de captação de água para as microrregiões mais secas da Paraíba. In: *Captação, manejo e uso de água de chuva*. Campina Grande, PB. INSA, cap. 18, p.373-386, 2015.
- ALMEIDA, H. A. de; CABRAL JÚNIOR, J. B. Variabilidades sazonais e interdecadais da chuva nas microrregiões geográficas do estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.7, n.5, p.846-858, 2014.
- ALMEIDA, H. A. de; FREITAS, R. C.; SILVA, L. Determinação de períodos secos e chuvosos em duas microrregiões da Paraíba, através da técnica dos Quantis. *Revista de Geografia*, v.30, n.1, p.217-232, 2013.
- ALMEIDA, H. A. de. Climate, water and sustainable development in the semi-arid of northeastern Brazil. In: *Sustainable water management in the tropics and subtropics and case studies in Brazil*, Unikaseel, Alemanha, v.3, p.271-298, 2012.
- ALMEIDA, H. A. de; SILVA, L. Determinação das características hídricas da microbacia de drenagem da barragem Vaca Brava. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.16, n.1, p.77-86, 2008.
- BAPTISTA, N. de Q.; CAMPOS, C. H. Convivência com o semiárido brasileiro autonomia e protagonismo social: Caracterização do Semiárido Brasileiro. Brasília: Iabs, 2013. 208p. (Série Cooperação Brasil-Espanha: Acesso À Água e Convivência com o Semiárido).
- COSTA, J. D. Convivência com o semiárido brasileiro Autonomia e protagonismo social: Direito humano á água. Brasília: Iabs, 2013. 208p.
- DA SILVA, D. F. Análise de aspectos climatológicos, ambientais, agroecômicos e de seus efeitos sobre a Bacia hidrográfica do rio Mundaú (AL e PE). 209f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande-PB, 2009.
- FERNANDES, D. S.; HEINEMANN, A. B.; DA PAZ, R. L.; AMORIM, A. O.; CARDOSO, A. S. Índices para Quantificação da Seca. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 45p. 2009. (Documentos, 244).
- HEIM JUNIOR, R. R. A review of twentieth: century drought indices used in the United States. *Bulletin of the American Meteorology Society*, v.83, n.8, p.1149-1163, 2002.

- MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to the time scales. In: Conference on Applied Climatology, 8, 1993, Anaheim, CA. Proceedings. Boston: American Meteorological Society, 1993. p.179-184.
- OLIVEIRA, G. C. S.; NÓBREGA, R. S.; ALMEIDA, H. A. de. Perfil socioambiental e estimativa do potencial para a captação de água da chuva em catolé de casinhas, PE. Revista de Geografia, v.29, n.1, p.75-90, 2012.
- ROOY, M. P. VAN. A Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space. Notes, v.14, n.43, 1965.
- SAYARI, N.; BANNAYAN, M.; ALIZADEH, A.; FARID, A. Using drought indices to assess climate change impacts on drought conditions in the northeast of Iran (case study: Kashafrud basin). Meteorological Applications, v.20, p.115-127, 2013.
- UVO, C. R. B. A zona de convergência intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação na região norte e nordeste brasileiro. 99f. Dissertação (Mestrado). São José dos Campos, SP. INPE, 1989.
- WANG, C. Atlantic climate variability and its associated atmospheric circulation cells. Journal of Climate, v.15, p.1516-1536, 2002.
- WILHITE, D. A. Drought. In: HOLTON, J. A.; PYLE, C.; CURRY, J. A. (Ed.). Encyclopedia of atmospheric science. New York: Elsevier, p.650-658, 2003.
- WILHITE, D. A. Drought: A global assessment. London: Routledge, 2000. p.111-120.
- WILHITE, D. A. Metodologia para o planejamento das ações no combate aos efeitos da seca. Recife: SUDENE, 91p. 1999.

OROGRAPHICALLY INDUCED GRAVITY WAVES IN THE STABLE BOUNDARY LAYER ABOVE THE AMAZON FOREST**¹Cledenilson Mendonça de Souza****²Leonardo Deane de Abreu Sá****³Antonio Ocimar Manzi****⁴Ivonne Trebs**

¹Universidade Federal do Amazonas (UFAM/ICSEZ), Parintins, AM, Brazil
cledenilsonms@gmail.com

²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos-SP, Brazil
leodeane@uol.com.br

³Clima e Ambiente - CLIAMB, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Manaus-AM, Brazil,
aomanzi@gmail.com

⁴Biogeochemistry Department, Max Plank Institute for Chemistry, Mainz, Germany
i.trebs@mpic.de

Introduction

Surface roughness is essential for turbulent exchanges in the surface boundary layer (SBL). Most of the investigations on turbulent flow have been performed above horizontally homogeneous smooth surfaces and use the roughness length z_0 as main parameter to characterize the aerodynamic roughness. The zero-plane displacement height (d) parameter has been added in SBL atmospheric flow investigations to express aerodynamic relationships above rough surfaces, such as over tall forest canopies. These parameters are used in dimensionless relationships as those of the Monin–Obukhov Similarity Theory (MOST), which, under suitable conditions, are valid for the SBL (STULL, 1988). However, the utilization of z_0 and d for surface roughness characterization are restricted to ideal conditions, and their use has been contested in case of strong horizontal conditions (RAUPACH et al., 1996).

Moreover, when there is an inflection point in the profile of mean wind speed, hydrodynamic instabilities are expected to be physically distinct from those verified above smooth surfaces (STEENEVELD et al., 2008; RAUPACH et al., 1996; FINNIGAN, 2000; CAVA & KATUL, 2008).

Under such conditions, a “mixed-layer” type expected to exist (RAUPACH et al., 1996), in such a way, that the traditional MOST would be unreliable for expressing turbulent flow features near the surface (BRUNET & IRVINE, 2000). In addition, other kinds of irregularities or patterns of the roughness elements of the experimental field surface such as terrain undulations are capable to influence the atmospheric flow above such as drag generated by gravity waves (GWs) (STEENEVELD et al., 2008; STEENEVELD et al., 2009).

In this study, the occurrence of such waves is investigated and a phenomenological-based procedure is proposed relying on topographical imagery provides altimetric records of the experimental site. This procedure enables us to find the main patterns of spatial variability of surface undulations using the Morlet’s Continuous Wavelet Transform (FARGE, 1992; TORRENCE & COMPO, 1998). The analyses of characteristic scales of the spatial variability of the terrain allows to identify dominant wave numbers on the terrain undulations and to verify under which conditions the GWs generation corroborate the criteria proposed by (STULL, 1988). The analyzes are performed for various wind directions (between the winds of the north, east and south). After verifying that the gravitational waves are able to meet (class I) or not (class II) of these criteria, the characteristics of the two classes of events GWS are investigated according to the criteria proposed by Sun et al. (2012) for detecting turbulence nocturnal regimes.

Experimental Site

The experimental site is located in the Uatumã Sustainable Development Reserve (USDR) in Central Amazonia, approximately 135 km northeast of the city of Manaus, Amazonas State. The area of the Reserve is of 560,000 hectares, (Figure 1), mainly covered by upland forest, also black water flooded forests (igapós), non-flooded paleo-alluvial terraces (paleo-igapó), open forest (campina) and primary forest (campinarana) on sandy soil (white sand) (ATTO, 2010).

USDR was split up in intensive use zones and protection zones. Agricultural activities, pasture lands, hunting, lumbering and non-timber forest products (NTFP) are allowed in the intensive use zones. Human activities are not allowed within protected areas except for scientific research. The research area in the Reserve is within the terra firme forest area on a plateau of 130 m altitude (above mean sea level). The forest is composed by approximately 200-250 tree species per hectare with stem diameter greater than 10 cm and canopy between 30 and 40 m height (some individuals reach more than 50 m height) (ATTO, 2010). The 80 m height tower installed (S 02°08'38.8" W 58°59'59.5") was equipped with micrometeorological instruments from the research project of the Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) and the Max Planck Chemistry Institute (MPCI). The Amazonian Tall Tower Observatory (ATTO) is a set of towers being installed in an experimental site to study meteorological processes, aerosol and gaseous exchanges between biosphere and atmosphere of the Amazonia Watershed. Figure 1 shows the USDR area in *red* and the experimental site in the reserve is in *black* rectangle.

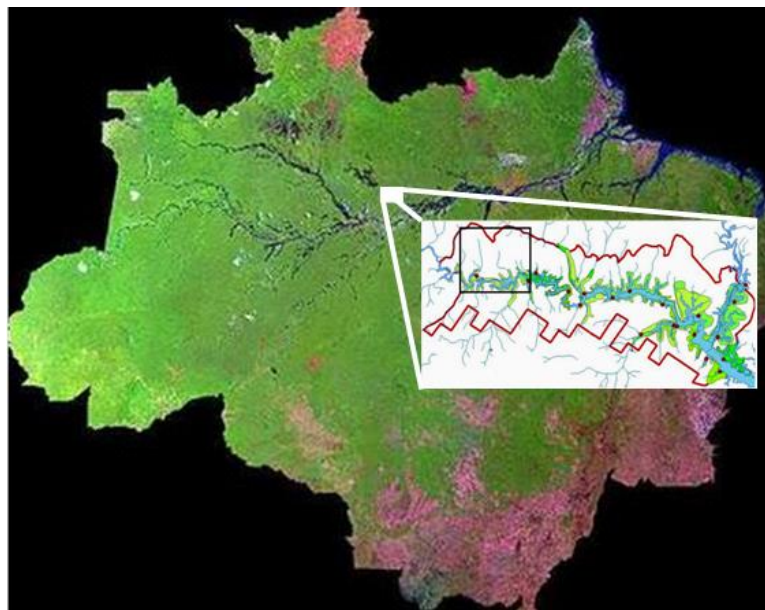


Figure 1. Uatumã Sustainable Development Reserve, Manaus city, Amazonas State, Brazil. The *black* rectangle area corresponds to the experimental site area. Source: Instituto de Desenvolvimento Sustentável do Estado do Amazonas (IDESAM) – Institute of Sustainable Development of the State of Amazonas, Brazil.

Experimental Data

Two types of data have been analyzed: topographical and meteorological ones. Topographical imagery of the experimental site has been used to analyze the features of eventual surface undulations and its scales of occurrence, as well as the space-scale analyses by complex Morlet wavelet transform (FARGE, 1992; TORRENCE & COMPO, 1998).

Local geomorphometric variables have been derived from the SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) data (VALERIANO, 2008). These data were refined from the original spatial resolution from 3 arc seconds (~90m) to 1 arc second (~30m) being available on the site (<http://www.dsr.inpe.br/topodata/dados.php>) in files containing altimetric records set in row and columns georeferenced in the Geo TIFF format (.tiff). It provides surface imagery with an increasing value in each pixel size, which means that the relief altitude values are recorded for a given region.

Time series of the vertical wind velocity and of the temperature fast response data provided by sonic anemometer and thermometer were used to detect GWs events at a height of 80 m above the soil. The sample rate of the measured turbulent data was 10 Hz. Wind speed and temperature vertical profiles have been provided by cup-anemometers and thermometers measurements, respectively, with a sample rate of 1/60 Hz for both, making it possible to compute the Brunt-Väisälä frequency, the vertical gradients of wind velocity and the Scorer parameter for later GWs classification (STULL, 1988). For one occasion, when such information was available it has been possible to classify the GWs. Data from 10 nights were analyzed, including 222 files of 30 minutes between Julian days number 153 and

163 of the year 2012, being the first experimental data available from the Uatumã new experimental site. The analyses were carried out between 6 p.m. and 6 a.m. (local time), for each night with available data.

Theoretical Elements and Methodology

Internal gravity waves can be generated by several forcing mechanisms such as sudden changes of surface roughness, topography, convection, undulations, etc. (POULOS et al., 2000; NAPPO, 2002; POULOS et al., 2002; SORBJAN & CZERWINSKA, 2013). These features are able to reallocate energy and momentum and they significantly determine the vertical structure of the atmosphere and coupling of the movements of mesoscale with microscale phenomena (STEENEVELD et al., 2009; STULL, 1988).

Some Characteristic Scales of Turbulence in the Nocturnal Boundary Layer

One of the goals of this study is to investigate the structure of turbulence associated with the conditions under which GWs would be forced by the ground undulations (class II) from the ones under which GWs would not be expected to be forced by the ground undulations (class I). To reach this goal, the methodology (STEENEVELD et al., 2009) based on (NAPPO, 2002) has been used in order to classify experimental data in two categories, classes I and II, according to the condition:

$$(1) \quad L_s^2 = N^2 / U^2 - U'' / U > k_s^2$$

Where: k_s is the wavenumber associated with the ground undulations and L_s is the “Scorer” parameter, U is the mean wind speed and U'' is the second derivative of the wind in relation to the height, z , being computed as:

$$(2) \quad U'' = \partial^2 U / \partial z^2$$

Where: N is the Brunt-Väissälä frequency, defined as:

$$(3) \quad N = \sqrt{g \Delta_z \theta / \theta}$$

Where: g is the acceleration of gravity and $\Delta_z \theta / \theta$ is the dimensionless vertical gradient of potential temperature.

This study also aimed to investigate which turbulent parameters associated with the turbulent kinetic energy (TKE) are useful in detecting significant differences between the class II (in this case “Scorer” parameter is greater than the wavenumber k_s) and the class I (it does not satisfy the former condition). The search of such a parameters leads to earlier studies regarding the physical nature of different turbulence regimes of the nocturnal boundary layer (NBL) (MAHRT, 2007; ZERI & SÁ, 2011; CAVA et al., 2004; MAHRT et al., 1998; SUN et al., 2012). The latter work describes three turbulent regimes of NBL, as follows. Regime 1 shows weak turbulence generated by local shear instability and modulated by the vertical gradient of potential temperature. Regime 2 shows strong turbulence and wind speed surpassing a threshold value (U_λ), above which turbulence increases systematically with increasing wind speed, being the turbulence generated by bulk shear instability, defined as mean wind speed divided by the measuring height. In Regime 3, the turbulence presents wind speed lower than U_λ being, but associated to occasional bursts of top-down turbulence. The regimes 1 and 2 are associated to a relationship between the scale of turbulent velocity (V_{TKE}) and the mean wind velocity, U . V_{TKE} is defined as:

$$(4) \quad V_{TKE} = \left[(1/2) (\sigma_u^2 + \sigma_v^2 + \sigma_w^2) \right]^{1/2}$$

Where: u , v and w are the components of the zonal, meridional and vertical winds, respectively, and σ represents the standard deviation of each variable. V_{TKE} varies slowly with U until a U_λ value, from which a much faster variation of V_{TKE} in comparison to U is observed.

According to Sun et al. (2012) U_λ increases with height approximately logarithmically, and these authors have suggested that regime 2 occurs as turbulence in near neutral conditions. Thus, under these conditions, the characteristics of turbulence would be associated to a shear instability, which covers the vertical extension of boundary layer from the ground to the tower height of observation. These characteristics would be expressed by a bulk Richardson number, being different from regime 1, in

which local effects prevail in generating turbulence, that is, local shear and local stratification that are expressed by the gradient Richardson number. The parameters presented by Sun et al. (2012) will be used to arrange classes I and II as shown below:

- Turbulence velocity scale V_{TKE} ;
- Existence of a threshold value U_λ for wind speed;
- The relationship between the scale of turbulent velocity V_{TKE} and the horizontal wind speed U .

The buoyancy length scale (l_b) is defined as (STULL, 1988):

$$(5) \quad l_b = \sigma_w / N$$

Where: σ_w being the standard deviation of the vertical wind velocity, is also a turbulent parameter, which provides interesting physical information concerning the NBL. The scale l_b gives an idea of the largest turbulent eddies present in the NBL.

Surface Drag and Gravity Wave

GWs may occur during relatively calm nights, and the wave drag depends on the magnitude of the turbulent drag (STEENEVELD et al., 2009). Accordingly, to them, the computation of gravity wave drag and the role of orography in induced gravity wave GWs on the stable boundary layer influencing turbulence events. While turbulence is the main factor for daytime transport, it decays after the day to night transition and exclusively mechanical processes limit its generation. As a result, other physical processes become relevant in the SBL, as drainage flow (SUN et al., 2004), vertical divergence of radiation (HOCH et al., 2007; DRÜE & HEINEMANN, 2007), global intermittency (MAHRT, 1999), atmosphere-surface interactions (STEENEVELD et al., 2009), GWs (NAPPO, 1991; NAPPO, 2002; ZERI & SÁ, 2012; SORBJAN & CZERWINSKA, 2013). The simultaneous occurrence of all these processes hinders the physical understanding and modeling of physical processes that occur in the SBL. Although specific knowledge of the role of GWs in the SBL is limited, evidence suggests that these are relevant and may play an important role in the evolution dynamics of this layer (EINAUDI & FINNIGAN, 1981; FINNIGAN, 1999; RAUPACH et al., 1996). Unlike precedent investigations on the SBL regarding GWs drag, in which the influences of the terrain undulation upon the atmospheric flow have been simulated using numerical modeling (STULL, 1988), in this study altimetric data have been used to detect real terrain pattern features and the wave number k_s of the terrain topography was calculated for several previously chosen directions of the Uatumã experimental site. Thus, it was possible to obtain various evenly spaced data of the topographic heights of the site, from the erected meteorological tower to some previously chosen specific directions. The continuous wavelet transform of Morlet has been used to determine the scale on which the undulations of the ground are varying more strongly, and this, for each one of the specific directions. For this, a methodology similar to that of (GAO & LI, 1993) (in their study to detect coherent structures in turbulent flow, but inversed for the detection of ground "spatial structures") has been used.

Wavelet Transform

The continuous wavelet transform using Morlet wavelet as analyzing function is a complex multiscale transform (ANTOINE et al., 2004, FARGE, 1992). In this sense, one could use the phase and energy information of the transformed data to study its scale variability. Mathematically it is expressed by:

$$(6) \quad W(b,a) = |a|^{-1/2} \int_{-\infty}^{\infty} dx \psi^* \left(\frac{x-b}{a} \right) s(x)$$

Where: ψ^* is the complex conjugate of the analyzing function ψ , $s(x)$ the signal to be analyzed, $a \neq 0$ is a scale parameter, $b \in \mathbb{R}$ a translation parameter and the analyzing.

Morlet wavelet used was:

$$(7) \quad \psi(x) = \pi^{-1/4} e^{i\omega_0 x} e^{-x^2/2}$$

Where: x is the variable time-space and ω_0 is the no dimensional frequency.

Another important tool derived by this transform that we used here was the wavelet cross-spectrum to study the inter-variability between two time series, in particular the vertical component of wind speed (w) and the air temperature (T).

$$(8) \quad W_{wT} = W_w W_T^*$$

The complex segment of W_{wT} provide information about phase difference (DF_{wT}) between (w) and (T), defined as (TORRENCE & COMPO, 1998):

$$(9) \quad DF_{wT} = \tan^{-1} \{ \text{Im}[W_{wT}] / \text{Re}[W_{wT}] \}$$

These decompositions of this wind component and temperature were used to detect the gravity wave activities presented in that data, such as described by Thomas and Foken (2005). It is expected that the region of pure gravity waves occurrence the oscillation of variables w and T be in quadrature (CAVA et al., 2004; THOMAS & FOKEN, 2005).

Detection of dominant scales of the terrain undulation

First, one image of 30 m resolution of an area of 15.99 x 15.99 km was taken to evaluate round features and topography information as well. Secondly, axes from the tower were determined every 5° (0°, 5°, 10°, 15°, ..., 175°, 180°) towards north east south, the region in which the climatological wind direction prevails (Figure 2). After that, a space series with evenly spaced data has been formed. The complex wavelet transform was applied to these space series (DAUBECHIES, 1992; FARGE, 1992) to calculate and identify the greatest variance of the real part of the wavelet coefficients for all series mentioned and for each scale and direction of the axes determined above. This work picked the wave number associated with the maximum variance contained in data referring to the series of 533 dot (15.99 km) being measured from the tower location. Steeneveld et al. (2009) stressed those resolutions of orographic perturbations of scales less than 1 km must be avoided, at least to better represent mesoscale models. These conditions were applied to the analyses of this study and they are shown in the results section.

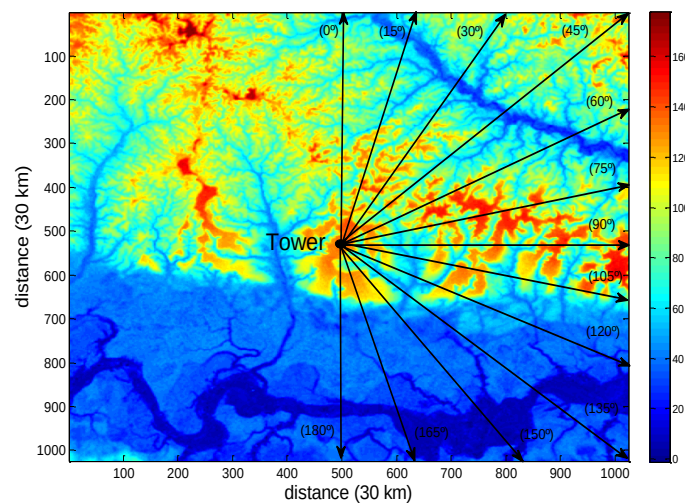


Figure 2. Area of approximately 900 km² of the experimental site inside Uatumã Sustainable Development Reserve meteorological tower. The axes represent directions (0°, 5°, 10°, 15°, ..., 175°, 180°). The colors variations of the legend that follow from blue to red represent terrain elevation in meters relative to sea level.

Results

The analysis of the results includes the following subjects: a) Determination of the characteristic scale of the terrain undulation from northern to eastern directions corresponding to the dominant direction of the climatological wind. Such scales will be expressed by the wavenumber k_s , according to Steeneveld et al. (2009); b) Calculation of the Scorer parameter, L_s , for each GW event and comparison with respective values of wavenumber k_s , in such a way GW events belonging to class I or II are identified

(see above); c) Calculation of statistical parameters to representing the SBL regimes according to Sun et al. (2012), as mentioned before.

Scale Characteristics of Ground Undulations

As explained in section 4.4, the k value was calculated every 5 degrees from northern (0°) until south (180°) directions. Figure 3 presents the maximum variance of the topographic height of the ground for each associated direction, considering an imaginary line containing 533 dots corresponding to 15.99 km, starting from the tower.

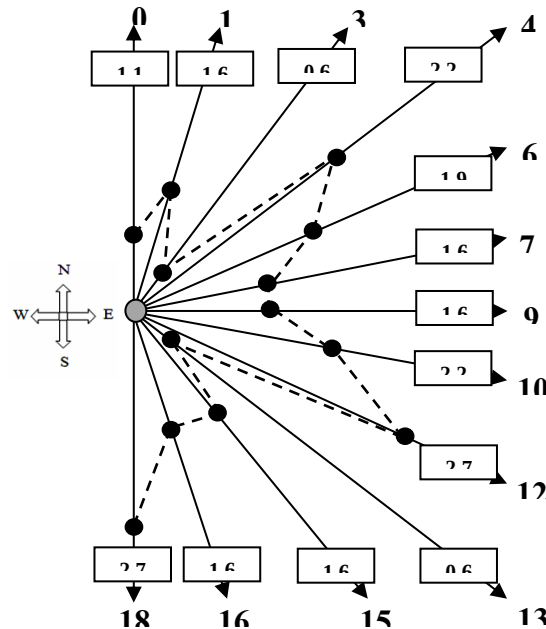


Figure 3. Length scales associated with maximum variance of terrain height for each one of the thirteen investigated wind directions.

Figure 4 presents an example of the special variation of the topographic height for the specific direction of 30° .

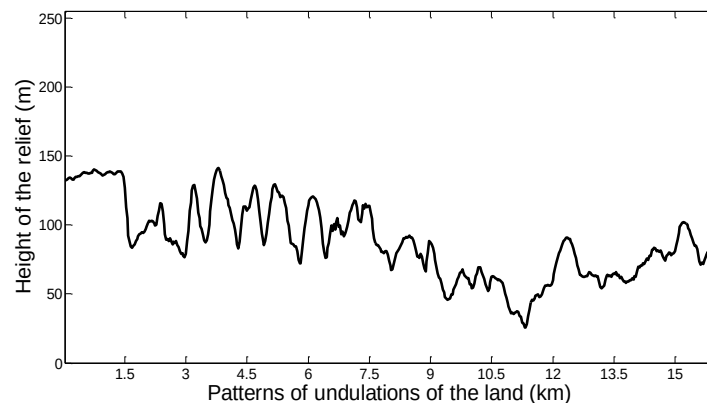


Figure 4. Example of the variability of terrain height for the 30° direction. The tower is located on the "zero" abscissa.

It is noticeable that undulations are not perfectly homogeneous, with the tower surroundings showing height oscillations from 80-140 m. Thus, k calculations must not be interpreted as indicators of a precise undulation of the ground, since they are approximate values of this undulation. The k values must be mainly evaluated by their order of magnitude varying greatly according to wind direction since winds change direction constantly with time over Amazonia (Figure 3).

Gravity Waves detection and Climatology

This part of the results refers to the detection of gravity waves in the surface boundary layer and its climatology. For this analysis files of 30 minutes, measured at 80 m height have been used for verifying the occurrence of GWs. Table 1 shows the events of gravity waves observed in the Sustainable Development Reserve Uatumã (RDSU). 222 files for the Julian days 153-163 of 2012, obtained during nighttime periods were analyzed. However, only 50 data files have been effectively used, because the criteria for consistency of data needed for this study. Some of these criteria for non-use of a data file, for example, were data with no occurrence of GWs, wind direction outside the range of 0 to 180 degrees (clockwise), periods with rain, etc.

Files with such characteristics were rejected. In the Table 1, column 1 shows the days and times of GWs occurrence; column 2 indicates the time scale of occurrence of GWs, column 3 presents the wind direction, column 4 indicates how much time each GW event lasts (in minutes) and column 5 shows the correlation coefficients between the vertical wind velocity and the temperature, and as might be expected, they present a low correlation. Grayscale rows in the Table indicate the events of GWs in which $L_s < k_s$, which are associated with gravity waves which are not generated by the surface.

Table 1. Gravity Wave events detected in the Sustainable Development Reserve Uatumã

ddhhmm HL	Scale of occurrence of GWs (minutes)	Wind direction (o)	GW duration (minutes)	r_{WT}
1530200	3.02	165	4.75	-0,0125
1530300	3.59	165	2.6	-0,0359
1530400	3.02	180	4	-0,0033
1530430	10.15	165	10.15	-0,0582
1530530	3.59	125	13.78	-0,0093
1531930	14.35	135	13.5	-0,0211
1532330	8.53	100	5.35	-0,0181
1540100	5.07	70	6.5	-0,0120
1540130	4.27	80	4.3	-0,0259
1540330	6.03	110	8.83	-0,0353
1540530	3.59	85	5.18	-0,0295
1542000	2.54	20	6.43	-0,0113
1542030	2.54	25	14.1	-0,0143
1542200	6.03	55	8.45	-0,0205
1550030	10.15	60	9.86	-0,0129
1550200	8.53	150	11.27	-0,0236
1550430	2.54	0	10.5	-0,0047
1552230	4.27	155	6.33	-0,0243
1552300	5.07	155	8.17	-0,0422
1560000	5.07	125	5.95	-0,0126
1569130	17.07	55	3.78	-0,0371
1560230	7.18	90	3.52	-0,0123
1560430	6.03	100	15.63	-0,0317
1561930	10.15	180	13.43	-0,0599
1570200	5.07	70	13.85	-0,0124
1570230	14.35	70	7.92	-0,0363
1570330	5.07	85	3	-0,0028
1570500	3.59	70	4	-0,0327
1570530	4.27	75	12.1	-0,0176
1572300	6.03	90	6.1	-0,0266
1580000	10.15	120	23.2	-0,0468
1582330	10.15	145	7.42	-0,0123
1590230	5.07	125	2.17	-0,0188
1592130	10.15	50	10	-0,0311
1600000	7.18	70	2.87	-0,0071
1600030	7.18	65	10.72	-0,0149
1600200	5.07	75	7.15	-0,0396
1600330	17.07	100	16	-0,0028
1600500	10.15	65	14.83	-0,0102

1601900	8.53	180	10.47	-0,0035
1610000	5.07	0	8.35	-0,0180
1620000	10.15	0	12.45	-0,0235
1620030	3.02	10	6.32	-0,0107
1620100	12.07	20	10.1	-0,0335
1620130	10.15	30	7.53	-0,0105
1620200	6.03	40	3.43	-0,0055
1620230	4.27	45	5.48	-0,0170
1622030	7.18	180	2.36	-0,0019
1632200	6.03	85	2	-0,0322
1632300	14.35	95	23.3	-0,0142

To illustrate the occurrence of a GW event detected at the Uatumã site, Figure 5 depicts the w (vertical velocity) and T (temperature) time series with wavelike characteristics of a GW occurrence obtained during the Julian day 153, at 04:00 LT.

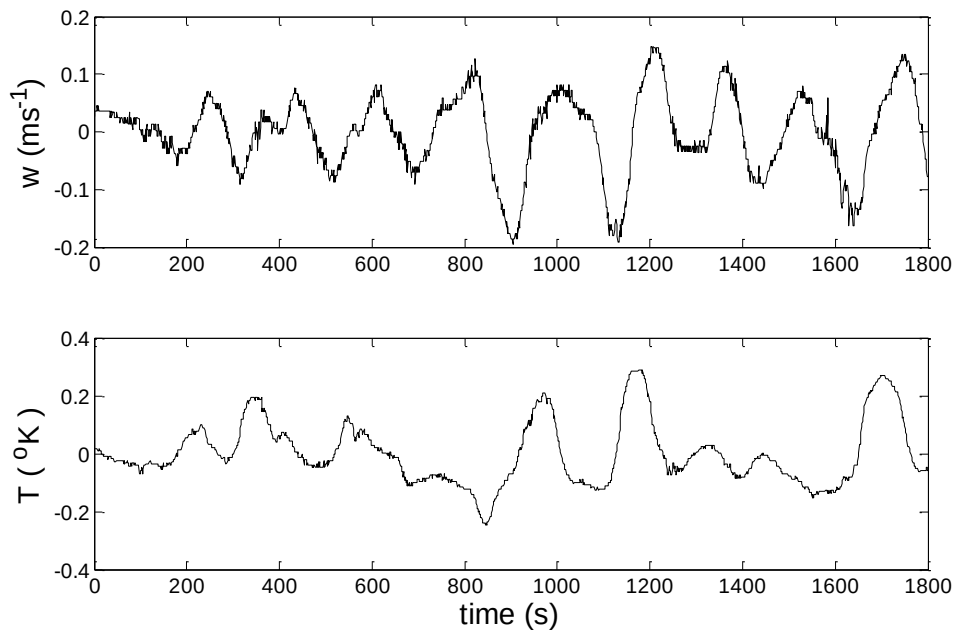


Figure 5. w (vertical velocity) and T (temperature) time series with wavelike characteristics of a GW occurrence obtained during the Julian day 153, at 04:00 LT.

It is noteworthy that in Figure 2 you can see that, between the axes corresponding to the 45° and 120° directions, there is a region (an imaginary cone) in which there is a very rough surface with many irregularities on the ground, suggesting a greater interaction between the surface and the atmospheric flow aloft as compared with the surface-atmosphere interaction which occurs in the regions of the cones between the axes from 0° to 45° and also from 120° to 180° , which correspond to less uneven surfaces. For a better visualization of the results presented in Table 1, the Figure 6 is presented. Figure 6 (a) depicts a topographic map of the experimental Uatumã site around the meteorological tower. In Figure 6 (b) it is shown a scheme of the main axes of GWs occurrence, in which the black dots on the axes represent surface-induced GWs occurrences and the points in grayscale indicate GWs events, which were not induced by the surface. Thus, the results show that 46% of events detected for the GWs at the Uatumã site occur when the wind direction was between 45 and 120 degrees (area highlighted by the dotted axis in Figure 6 (b) and also in Figure 7, which presents the wind direction), when the easterly winds were predominant. About 10% of the GWs events occurred when the wind was between 0 and 45 degrees, when the northeasterly winds were predominant. Moreover, around 14% of the GWs events occurred when the wind was predominantly from SE.

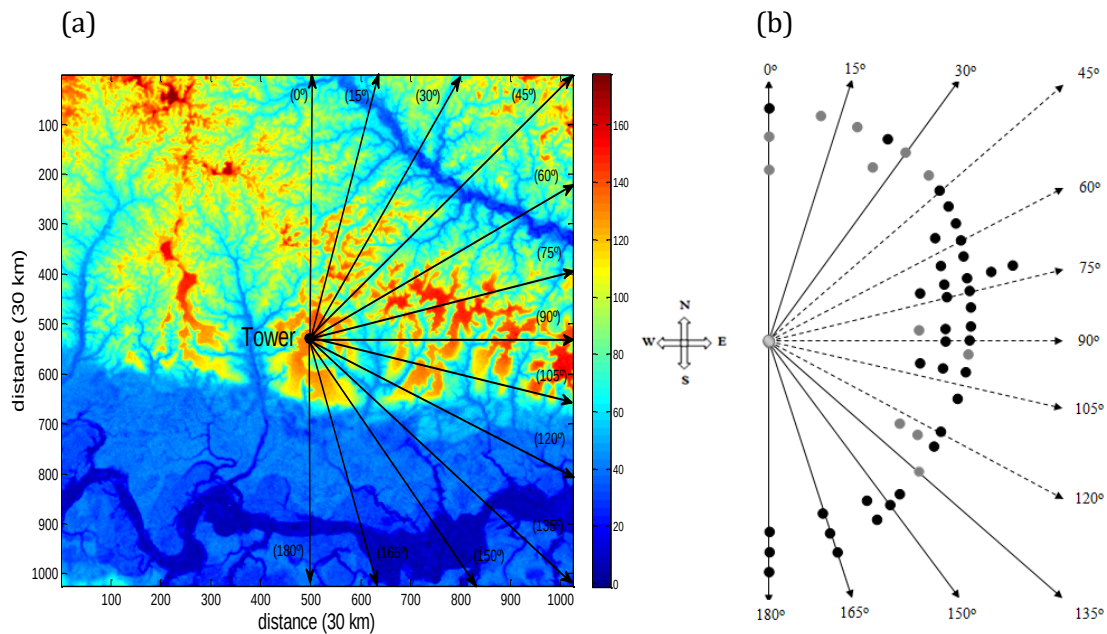


Figure 6. (a) Topographic map of the experimental Uatumã site around the meteorological tower; (b) Scheme presenting the main axes of GWs occurrence, in which the black dots on the axes represent surface-induced GWs occurrences and the points in grayscale indicate GWs events which were not induced by the surface.

As may be observed, the detected GWs at the Uatumã site seldom lasts more than 15 minutes in duration. In spite of most of observed events was of short duration, the occurrence of gravity waves in Uatumã was quite frequent.

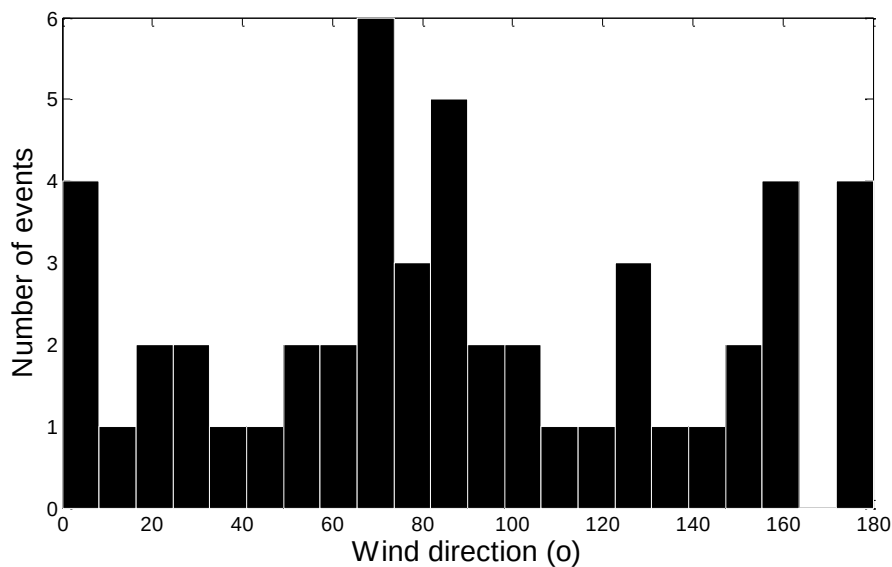


Figure 7. Wind direction for each gravity wave event detected at Uatumã experimental site.

As it is observed in the Figure 8, the GWs detected in the Uatumã site often occurred in the second half of the night, between 23:00 h and 05:30 h, LT, what corresponds to about 74% of the investigated cases. The other 26% of analyzed cases occurred in the first half of the night, between 18:00 h and 23:00 h, LT.

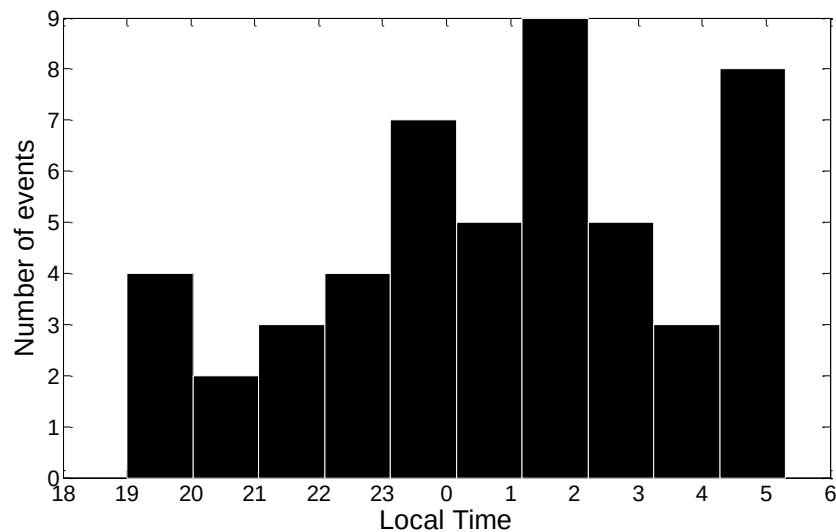


Figure 8. Local times of occurrence of the detected gravity waves events at the Uatumã site.

The Scorer Parameter calculation

The values of Scorer parameter (L_s) were calculated for each of the 50 GWs detected events according to Equation 1. The next step was to compare them to the k values, (wavenumber associated to ground undulations) in such a way that GW events belonging to classes I and II may be identified, (STEENEVELD et al., 2009) expressed by equation $L_s > k_s$. The Table 2 presents the mean values of turbulent parameters obtained for the classes I and II.

Table 2. Mean values of turbulent parameters obtained for the classes I and II events of gravity waves occurrence

Mean Values	k_s / L_s	Scale of occurrence of gravity waves (minutes)	Horizontal Wind Speed U (ms^{-1})	Buoyancy Length Scale l_b (m)
CLASS I $L_s < k_s$	1.45	9	2.73	32
CLASS II $L_s > k_s$	0.46	7.10	3.54	34.31

Figure 9 shows a histogram of the k_s / L_s values for comparison. This graph shows the available data gathered in two different clusters: the black grouping is associated to class II, with k_s / L_s values being on the interval from 0.104 to 0.922 and the gray grouping associated to class I corresponding to interval from 1.16 to 2.910. That is considered a new class I, corresponding not exactly to the one which would be obtained using exclusively criteria proposed by (STEENEVELD et al., 2009). Data of class I correspond to L_s and k_s having approximately the same order of magnitude or $k_s > L_s$. Thus, it is possible to propose an exact explanation for the results presented. It should be noted that: i) As mentioned previously, k_s values are approximations of an ideal “true value” since the ground undulations are not homogeneous and wind direction may vary throughout GWs events; ii) L_s calculations include vertical gradients of wind speed and potential temperature. Measurements taken in a tower are not yet sufficiently accurate to obtain good estimates for such gradients. However, the results presented here can help to propose experimental improvements to obtain more accurate estimates of L_s .

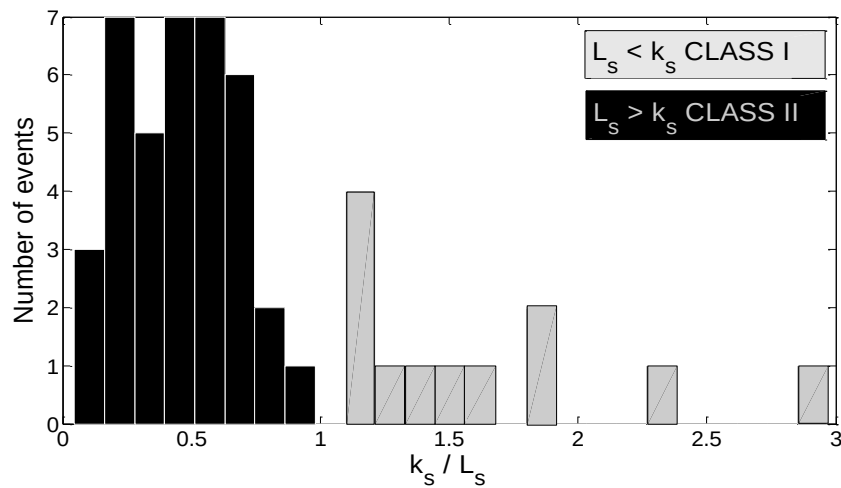


Figure 9. Histogram of k_s / L_s , where class I is in “grey” and class II is in “black”, and k_s is the terrain wave number and L_s is the Scorer parameter.

To better understand the differences between the classes I and II concerning the structure of turbulence in the NBL, Figure 10 is shown. It provides a plot with information about each studied GW event, with the mean wind speed, U , on the horizontal axis and the turbulent velocity scale V_{TKE} on the vertical axis. This figure shows the three nocturnal surface layer turbulence regimes (SUN et al., 2012), as follows. Regime 1: weak turbulence generated by the local shear instability and modulated by the potential temperature vertical gradient. Regime 2: strong turbulence and wind speeds that exceeds a threshold value (U_λ) above which turbulence increases systematically with the increasing of the wind speed and whose turbulence generation is caused by shear of greater instability, which is defined as the mean wind speed divided by the height of measurement. Regime 3: turbulence presents wind speed lower than U_λ , but is associated with occasional burst events originated in the upper troposphere (top-down turbulence generation).

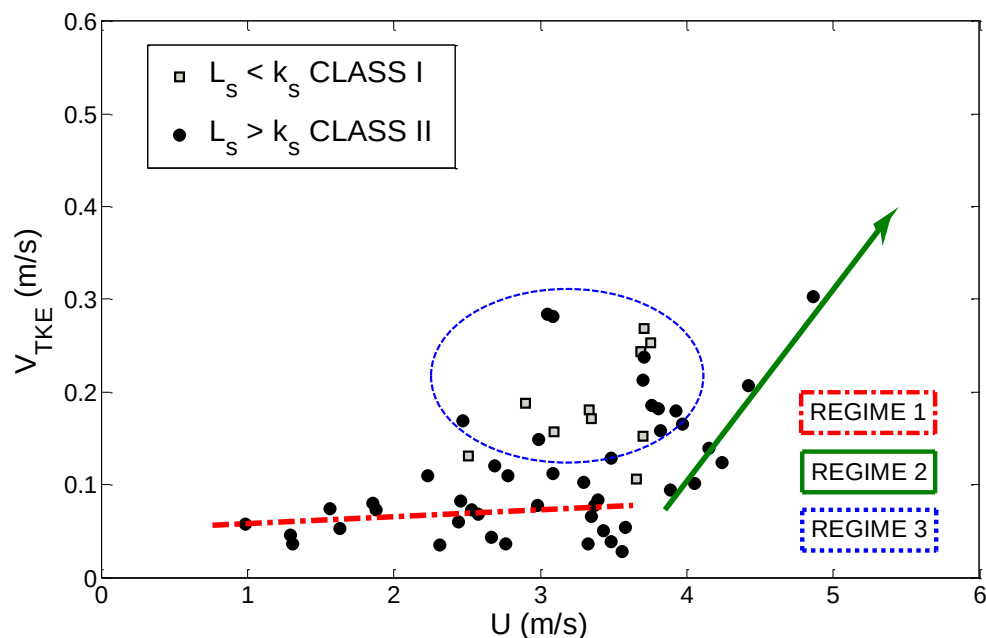


Figure 10. Scheme of the $V_{TKE} \times U$ plot presenting the three turbulence regimes applied to the Uatumã site data (each regime is associated with a color indicated on the right down panel). The dashed line on the left represents the Regime 1, the continuous line on the right indicates the Regime 2 and the points inside the ellipse are associated with the Regime 3. The black dots represent the CLASS II GWs events and the grayscale rectangles represent the CLASS I ones.

Our results are similar to those shown in the Figure 2 of Sun et al. (2012). The data, which are in Regime 1, are clustered on the straight line on the left of the Figure 10. (Identified in the panel), which ends at the U_λ wind velocity threshold value. At this location a second straight line, with a clear slope,

has been drawn and indicates the location of the data associated to the Regime 2, as proposed by Sun et al. (2012). A third category of data, which does not follow the two imaginary straight lines mentioned above corresponds to the Regime 3, with sporadic bursts associated with top-down turbulence according to Sun et al. (2012).

The results presented show that all data are satisfying Regime 1 proposed by Sun et al. (2012) and belong to class II. All data satisfying turbulent Regime 2 belong to class-I. Besides, a data set cannot be grouped above the two drawn straight lines and would belong to Regime 3.

Regime 3 data are associated to bursts, downdrafts and other abrupt vertical movements that could be associated to convective clouds. This is commonly found in the Amazonian NBL (GARSTANG & FITZJARRALD, 1999). Certainly, Regime 3 could represent turbulence with some degree of non-stationarity, as discussed by Mahrt (2007). Similarity and various turbulent parameters for nonstationary conditions are expected to be distorted as compared to those calculated under stationary conditions. Thus, Regime 3 data must be carefully interpreted since for interpretation information about the structure of the whole boundary layer, convective clouds, low level jets and other phenomena are required, which are beyond the scope of this research. If we focus on data of Regimes 1 and 2, the criteria of Steeneveld et al. (2009) could be applied strictly, without the restrictions discussed.

Conclusions

Gravity wave occurrences have been detected above the Amazon forest in the Experimental Uatumã site in central Amazon. These gravity waves have been clustered in two classes, according to a methodology available in the scientific literature. It is based on the Scorer's parameter calculation and on the information provided by the wavenumber associated with the undulations of the terrain in order to identify gravity waves forced by the orography or not.

As part of the characterization of the horizontal variability of the terrain, in order to detect the terrain undulations, topographical imagery of the experimental site has been used to analyze the features of eventual surface undulations and its scales of occurrence, as well as the space-scale analyses. With the complex Morlet wavelet transform it was possible to detect the scales of the terrain undulations for many directions starting from a point, P, located on the Uatumã site meteorological tower. Thus, local geomorphometric variables have been derived from the SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) data.

The results indicate that the main events detected are associated with gravity waves forced by terrain, which occur especially when the wind direction was within an imaginary cone comprising a region between the axes of 45° and 120° , with its vertex set at the P location of the meteorological tower.

It was also observed that the waves that do not follow this criterion (class I, $L_s < k_s$) were preferentially detected inside two arcs, the first when the wind direction was between $0^\circ - 45^\circ$, and the second when the wind direction was between $120^\circ - 180^\circ$. Moreover, these latter GWs events are associated with turbulence Regime 3, in which local effects are not generating turbulence, but are associated to the occurrence of top-down atmospheric phenomena in which effects involving the nocturnal boundary layer as a whole are dominant.

As a final regard it is highlighted the importance of a proper characterization of the ground heterogeneity and the need of investigations about of the relationship between the terrain variability and the occurrence of various physical phenomena in the nocturnal surface layer. This kind of research certainly would improve the parameterization of exchange processes at the forest-atmosphere interface in tropical regions.

Acknowledgements

This work is part of the large-scale biosphere-atmosphere experiment in Amazônia (LBA) and was supported by the Fundação do Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)/Brazil (process nº 1997/9926-9) and the Fundação do Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM)/Brazil. The authors gratefully acknowledge financial support by the Max Planck Society to construct the 80 m tower. We are indebted to Hermes Braga Xavier and his team for the tower construction and the establishment of the infrastructure at the ATTO site. We also thank R. Ditz and J. Schöngart for logistical support. Leonardo Sá thanks the Conselho Nacional de Pesquisas e Desenvolvimento Tecnológico (CNPq) by his research grant (process Nº 303.728/2010-8).

References

- ANTOINE, J-P.; MURENZI, R.; VANDERGHEVNST, P.; TWAREGUE, S. Two-dimensional wavelets and their relatives, Cambridge University.
- ATTO. Report on the latest developments on the ATTO and CLAIRE projects, March 2010.
- BROWN, A. R.; N. WOOD. Properties and parameterization of the stable boundary layer over moderate topography. *J. Atmos Sci.*, v.60, n.22, p.2797-2808, 2003.
- BRUNET, Y.; IRVINE M. R. The control of coherent eddies in vegetation canopies: stream wise structure spacing, canopy shear scale and atmospheric stability. *Boundary-Layer Meteorology*, v.94, n.1, p.139-163, 2000.
- CAVA, D.; GIOSTRA, U.; SIQUEIRA, M.; KATUL, G. Organized motion and radiative properties in the nocturnal canopy sublayer above an even-aged pine forest. *Boundary-Layer Meteorology*, v.112, p.129-157, 2004.
- CAVA, D.; KATUL, G. G. Spectral short-circuiting and wake production within the canopy trunk space of an alpine hardwood forest. *Boundary-Layer Meteorology*, v.126, p.415-431, 2008.
- CHIMONAS, G.; NAPPO, C. J. Wave drag in the planetary boundary layer over complex terrain. *Boundary-Layer Meteorology*, v.47, n.1-4, p.217-232, 1989.
- DAUBECHIES, I. Ten lectures on wavelets. CBMS-NSF regional conference series in applied mathematics. Vol. 61. Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia, PA, 377p, 1992.
- DRÜE, C.; HEINEMANN, G. Characteristics of intermittent turbulence in the upper stable boundary layer over Greenland. *Bound.-Layer Meteorology*, v.124, n.3, p.361-381, 2007.
- EINAUDI, F.; FINNIGAN, J. J. The interaction between an internal gravity wave and the planetary boundary layer. Part I: The linear analysis. *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, v.107, n.454, p.793-806, 1981.
- FARGE, M. The wavelet transform and its applications to turbulence, *Annual. Review of Fluid Mechanics*, v.24, p.395-457, 1992.
- FINNIGAN, J. J. Turbulence in plant canopies. *Annual Review of Fluid Mechanics*, v.32, p.519-571, 2000.
- FINNIGAN, J. A note on wave-turbulence interaction and the possibility of scaling the very stable boundary layer. *Boundary-Layer Meteorology*, v.90, p.529-539, 1999.
- GAO, W.; LI, B. L. Wavelet analysis of coherent structures at the atmosphere forest interface. *Journal of Applied Meteorology*, v.32, n.11, p.1717-1725, 1993.
- GARSTANG, M.; FITZJARRALD, D. R. Observations of surface to atmosphere interactions in the tropics. Oxford University Press, 405p, New York, 1999.
- HOCH, S. W.; CALANCA, P.; PHILIPONA, R.; OHMURA, A. Year-round observation of longwave radiative flux divergence in Greenland. *J. Appl. Meteorol. Clim.*, v.46, n.9, p.1469-1479, 2007.
- MAHRT L. The influence of nonstationary on the turbulent flux-gradient relationship for stable stratification. *Boundary-Layer Meteorology*, v.125, p.245-264, 2007.
- MAHRT, L.; SUN, J.; BLUMEN, W.; DELANY, T.; ONCLEY, S. Nocturnal Boundary-Layer Regimes. *Boundary-Layer Meteorology*, v.88, n.2, p.255-278, 1998.
- MAHRT, L. Stratified Atmospheric Boundary Layers. *Boundary-Layer Meteorology*, v.90, n.3, p.375-396, 1999.
- NAPPO, C. J.; SVENSSON, G. A parameterization with wave saturation adjustment of sub grid-scale average wave stress over three-dimensional topography. In: *Symposium on Boundary Layer and Turbulence*, 18th, Stockholm, 2008.
- NAPPO, C. J. An Introduction to Atmospheric Gravity Waves. Academic-Press, 276p. Amsterdam, 2002.
- NAPPO, C. J.; CHIMONAS, G. Wave exchange between the ground surface and a boundary-layer critical level. *Journal of the Atmospheric Sciences*, v.49, p.1075-1091, 1992.
- NAPPO, C. J. Sporadic breakdowns of stability in the PBL over simple and complex terrain. *Bound.-Layer Meteor.*, v.54, n.1-2, p.69-87, 1991.
- POULOS, G. S.; BLUMEN, W.; FRITTS, D. C.; LUNDQUIST, J. K.; SUN, J.; BURNS, S. P.; NAPPO, C.; BANTA, R.; NEWSOM, R.; CUXART, J.; TERRADELLAS, E.; BALSLEY B.; JENSEN, M. CASES-99: A comprehensive investigation of the stable nocturnal boundary layer. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v.83, n.4, p.555-581, 2002.
- POULOS, G. S.; BOSSERT, J. E.; MCKEE T. B.; PIELKE, R. A. The interaction of katabatic flow and mountain waves. Part I: Observations and idealized simulations. *Journal of the Atmospheric Sciences*, v.57, n.12, p.1919-1936, 2000.
- RAUPACH, M. R.; FINNIGAN J. J.; BRUNET Y. Coherent eddies and turbulence in vegetation canopies: the mixing-layer analogy. *Boundary-Layer Meteorology*, v.78, n.3-4, p.351-382, 1996.

- ROBINSON, S. K. Coherent motions in the turbulent boundary layer. *Annual Rev. of Fluid Mechanics*, v.23, p.601-639, 1991.
- SORBJAN, Y.; CZERWINSKA, A. Statistics of Turbulence in the Stable Boundary Layer Affected by Gravity Waves. *Boundary-Layer Meteorology*, v.148, n.1, p.73-91, 2013.
- STEENEVELD, G. J.; HOLTSLAG, A. A. M.; NAPPO, C. J.; WIEL, B. J. H. VAN DE; MAHRT, L. Exploring the possible role of small-scale terrain drag on stable boundary layers over land. *J. Appl. Meteorol. Clim.*, v.47, n.10, p.2518-2530, 2008.
- STEENEVELD, G. J.; NAPPO, C. J.; HOLTSLAG, A. A. M. Estimation of orographically induced wave drag in the stable boundary layer during the CASES-99 experimental campaign. *Acta Geophysica*, v.57, n.4, p.857-881, 2009.
- STULL, R. B. *An Introduction to boundary layer meteorology*. Kluwer Academic, 670p. 1988.
- SUN, J.; LENSCHOW, D. H.; BURNS, S. P.; BANTA, R. M.; NEWSOM, R. K.; COULTER, R.; FRASIER, S.; INCE, T.; NAPPO, C. J.; BALSEY, B. B.; JENSEN, M.; MAHRT, L.; MILLER, D.; SKELLY, B. Atmospheric disturbances that generate intermittent turbulence in nocturnal boundary layers. *Bound.-Layer Meteor.*, v.110, n.2, p.255-279, 2004.
- SUN, J.; MAHRT, L.; BANTA, R. M.; PICHUGINA, Y. Turbulence regimes and turbulence intermittency in the stable boundary layer during CASES-99. *Journal of the Atmospheric Sciences*, v.69, p.338-351, 2012.
- THOMAS, C.; FOKEN, T. Detection of long-term coherent exchange over spruce forest using wavelet analysis. *Theoretical and Applied Climatology*, v.80, p.91-104, 2005.
- TORRENCE, C.; COMPO, G. P. A practical guide to wavelet analysis. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, v.79, n.1, p.61-78, 1998.
- VALERIANO, M. M. *Topodata: Guia para utilização de dados geomorfológicos locais, do projeto de produtividade em pesquisa modelagem de dados topográficos SRTM*. CNPq. Processo nº 306021/2004-8 (NV). INPE, S. J. dos Campos-SP, 2008.
- VAN DE WIEL, B. J. H.; MOENE, A. F.; HARTOGENSIS, O. K.; BRUIN, H. A. R. DE; HOLTSLAG, A. A. M. Intermittent turbulence in the stable boundary layer over land. Part III. A Classification for Observations during CASES-99. *Journal of the Atmospheric Sciences*, v.60, p.2509-2522, 2003.
- ZERI, M.; SÁ, L. D. A. Horizontal and vertical turbulent fluxes forced by a gravity wave event in the nocturnal atmospheric surface layer over the Amazon forest. *Boundary-Layer Meteorol.*, v.138, p.413-431, 2012.



AGROECOLOGIA

NATUREZA VIVA



AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE EM AGROECOSSISTEMA DE BASE FAMILIAR NO AGRESTE PARAIBANO

¹Lediam Rodrigues Lopes Ramos Reinaldo

²Jean Oliveira Campos

³Juberlânio Silva Campos

¹Doutora em Recursos Naturais, Docente do curso de Licenciatura Plena em Geografia – UEPB/ Campus I
Lediam@gmail.com

²Bolsista do Programa de Iniciação Científica – UEPB/CNPq
Jeannolliveira@gmail.com

³Bolsista do Programa de Iniciação Científica – UEPB/CNPq
juberlaniocampos@gmail.com

Introdução

A agricultura familiar no Brasil produz a maior parte dos alimentos que são consumidos diariamente no país, englobando nesse processo cerca de 4,3 milhões unidades de produção e uma mão-de-obra de 14 milhões de pessoas (IBGE, 2006). O Nordeste brasileiro é a região do Brasil com o maior número de estabelecimentos de produção familiar, sua produção encontra-se diversificada quanto ao perfil da tecnologia em uso, extensão das propriedades e diversidade agrícola cultivada. Destaca-se nesse meio o estado da Paraíba, com cerca de 88% de seus estabelecimentos rurais caracterizados como produção de base familiar (ALVES et al., 2016). Com tamanha área de produção, surgem as discussões em torno dos conceitos de agricultura e desenvolvimento sustentável, chamando atenção para a importância desempenhada pelas práticas agrícolas no alcance da sustentabilidade nos agroecossistemas.

Para Alves et al. (2016), a agricultura familiar contribui para a sustentabilidade, tendo em vista a maior preocupação dos produtores que estão diretamente envolvidos com o processo de produção e usuários dos próprios produtos fabricados. Nesse meio, buscando fazer o uso de práticas sustentáveis para a conservação dos recursos naturais, a exemplo da rotatividade de culturas, para promover a conservação do solo. Diante disso, para avaliar a sustentabilidade nos agroecossistemas tem se lançado mão de um sistema de indicadores para obter-se um retrato do quadro social, econômico e ambiental, visando mensurar a atividade agrícola nas unidades de produção, como pré-requisito para a tomada de decisões e redesenho dos modelos de produção, em concordância com o desenvolvimento da agricultura sustentável (DEPONTI et al., 2002)

Segundo Verona (2008), os indicadores atuam na geração de informações para avaliação dos atributos de sustentabilidade, apontando a direção, a necessidade de mudanças e encaminhando um percurso de propostas para a sustentabilidade, e dessa forma, o trabalho com indicadores não apenas direciona para implantação de agroecossistemas mais adaptados pela análise dos dados, como também fornecem informações para viabilizar ferramentas políticas e estratégias de planejamento para elevar a sustentabilidade, além disso, apresentam informações relevantes para produtores da área estudada. Nesse contexto, os indicadores para avaliar a sustentabilidade na agricultura familiar são variáveis que apresentam o caráter qualitativo e/ou quantitativo do ambiente de estudo, contemplado três dimensões, social, econômica e ambiental (GONÇALVES et al., 2016)

Observadas tais considerações, este trabalho tem como objetivo avaliar a sustentabilidade em um agroecossistema de base familiar no Agreste Paraibano através de indicadores selecionados em consonância com o ambiente da pesquisa. Para tanto, buscou-se referência nos estudos de Araújo (2015), Alves et al. (2016), Campos e Carvalho (2017) e Carvalho e Campos (2017) com abordagem da sustentabilidade em agroecossistemas de base familiar no estado da Paraíba, a pesquisa utilizou-se do método MESMIS (Marco para Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad), proposto (MASERA et al., 1999). A avaliação na estrutura do método ocorre de forma espiralada, de forma que possa haver um processo de continuas avaliações, neste sistema de avaliação os indicadores desempenham função principal, levando a obtenção de dados para posterior mensuração da sustentabilidade, indica também mudanças necessárias e percursos a serem seguidos para contribuir com o quadro sustentável nos agroecossistemas (GALLO et al., 2015). É

importante salientar, que o método é flexível no que se refere à possibilidade de realizar adaptações metodológicas, incentivando modificações com base nas especificidades dos locais de estudo (VERONA, 2008).

Esse método é amplamente utilizado pelo mundo principalmente quando são avaliados casos de agricultura familiar ou campesina, com destaque para as práticas de base ecológica, o método procura compreender de forma integral quais os fatores limitantes e as possibilidades de desenvolvimento nos agroecossistemas (VERONA, 2008)

Agricultura e sustentabilidade

A atividade agrícola surge entre dez a doze mil anos atrás, e sempre esteve relacionada ao desenvolvimento da humanidade, gerando trabalho, renda, alimento e combustível, e influenciado diretamente na distribuição das populações humanas no tempo e no espaço (CÂNDIDO et al., 2016). E dessa forma, ao longo do tempo as técnicas de manejo dos recursos naturais na prática agrícola vêm sendo aperfeiçoadas, modificando-se a todo o momento visando atender a crescente necessidade por alimentos (ALVES et al., 2016). No entanto, esse aperfeiçoamento dos métodos de produção agrícola não pode ser entendido como sinônimo de equilíbrio ecológico ou mesmo de sustentabilidade agrícola. A exploração ambiental conduzida pela agricultura que se disseminou nas últimas décadas do século XX têm ocasionado um leque de impactos socioambientais e esgotamento dos recursos naturais, tais como a erosão dos solos, contaminação das águas, e migração das populações rurais para os centros urbanos, além disso, o desequilíbrio ambiental é apontado como uma das principais características da agricultura, caracterizada pela redução da diversidade biológica, invasão e disseminação de pragas e doenças nas lavouras (CÂNDIDO et al., 2016).

Essa relação do homem com a natureza, marcada por impactos ambientais trouxe a necessidade de se pensar em modelos alternativos de agricultura, buscando aprimorar sistemas de manejo almejando a preservação dos recursos ambientais para atender as necessidades energéticas das próximas gerações, nesse âmbito ergue-se a agricultura sustentável e intensificam-se os debates em torno do conceito de sustentabilidade ambiental (ALVES et al., 2016). O conceito de sustentabilidade é amplo e abrange uma série de dimensões como resultado da disparidade de consenso sobre o tema nos espaços acadêmicos. Segundo Verona (2008), as dimensões contemplam um leque de definições, que vão desde o atual modelo econômico de produção até apontamentos mais complexos, como a capacidade de promover o realinhamento de estruturais sociais, econômicas e ambientais.

Em decorrência da importância de uma prática agrícola aliada ao manejo sustentável dos ambientes agrários, têm ganhado espaço, estudos que buscam avaliar a sustentabilidade em agroecossistemas. Devido à proximidade com os recursos naturais, estes ambientes estão no foco dos debates sobre a sustentabilidade na agricultura.

Tendo em vistas as exigências para a implantação de práticas sustentáveis na produção agrícola, recebe destaque nesse cenário a agricultura do tipo familiar (ALVES et al., 2016). Segundo Verona (2008), esse perfil de agricultura é de fundamental importância para o Brasil, tanto pelo número de estabelecimentos distribuídos pelo território, quanto pela sua contribuição na economia, oferecendo um paradigma diferenciado que apresenta como característica a qualidade na produção. É um perfil de agricultura aberto ao desenvolvimento de técnicas agroecológicas, ideal que tem levado ao crescimento das áreas em atividade no Brasil e com tendência a disseminação pelo mundo (VERONA, 2008). Além disso, a agricultura familiar é caracterizada por um contexto em que os membros da unidade familiar podem exercer diferentes funções conforme a lógica e dinâmica de reprodução social do agroecossistema, a renda obtida tanto pode atuar como complemento que reforça a exploração agrícola, como pode servir de estratégia para a implantação de novas atividades produtivas na unidade familiar (ABRAMOVAY, 1992).

Diante do crescente número de estabelecimentos de agricultura familiar no Brasil, e da expansão das discussões em torno da preservação ambiental, tornou-se fundamental analisar o perfil das práticas agrícolas adotadas nos agroecossistemas através de indicadores e parâmetros que retratam a sustentabilidade destas unidades de produção. Buscando, dessa forma, compreender a dinâmica social, econômica e ambiental encontrada nestes espaços, e formular subsídios teórico-metodológicos para a implantação de modelos sustentáveis na produção de base familiar.

Material e Métodos

A presente pesquisa tem abordagem exploratória e descritiva, e foi conduzida a partir de pesquisa teórica e estudos de campo. Para avaliar a sustentabilidade do agroecossistema em estudo, utilizou-se do método MESMIS “Marco de Evolución de Sistemas de Manejo de Sustentabilidad”, proposto por Masera et al. (1999), uma estrutura que utiliza indicadores para realizar a avaliação da unidade de produção agrícola. Esse método amplamente utilizado pelo mundo, principalmente quando são avaliados casos de agricultura familiar ou campesina, com destaque para as práticas de base ecológica, o método procura compreender de forma integral quais os fatores limitantes e as possibilidades de desenvolvimento nos agroecossistemas (VERONA, 2008). A avaliação na estrutura do método ocorre de forma espiralada, de forma que possa haver um processo de continuas avaliações. Nesse sistema de avaliação os indicadores desempenham função principal, levando a obtenção de dados para posterior mensuração da sustentabilidade (GALLO et al., 2015).

O método apresenta uma avaliação ampla que contempla a dinâmica do quadro social, econômico e ambiental na localidade de estudo, neste o conceito de sustentabilidade em agroecossistemas é admitido a partir da relação de cinco atributos básicos: produtividade, resiliência, confiabilidade/estabilidade, adaptabilidade, equidade e autogestão. Desse modo, a avaliação é válida apenas para situações definidas em determinado espaço geográfico, sistema de manejo, contexto econômico, político e social, além disso, aponta que o processo de avaliação é em si, uma atividade participativa e de trabalho multidisciplinar (VERONA, 2008).

Conforme os procedimentos estabelecidos para o percurso da avaliação, os passos ocorreram da seguinte forma:

1. Determinação do ambiente de estudo: Foi realizada a caracterização a partir das observações *in loco* e com aplicação de questionários, possibilitando o reconhecimento da área do estudo, suas características e especificidades. A pesquisa foi conduzida em uma unidade de agricultura de base familiar localizada na comunidade Gameleira, zona rural do município de Massaranduba-PB. A comunidade onde situa-se o agroecossistema em estudo é rica em unidades de agricultura familiar, onde desenvolvem-se diversos cultivos, além da criação de animais. Desde sua fundação o município ainda preserva seu caráter agrário, tendo na agricultura o setor mais expoente da economia. O grupo familiar desenvolve o cultivo de milho, fava, feijão, batata, jerimum e olerícolas (Figura 1), a produção tem como destino o autoconsumo e a feira agroecológica do município.

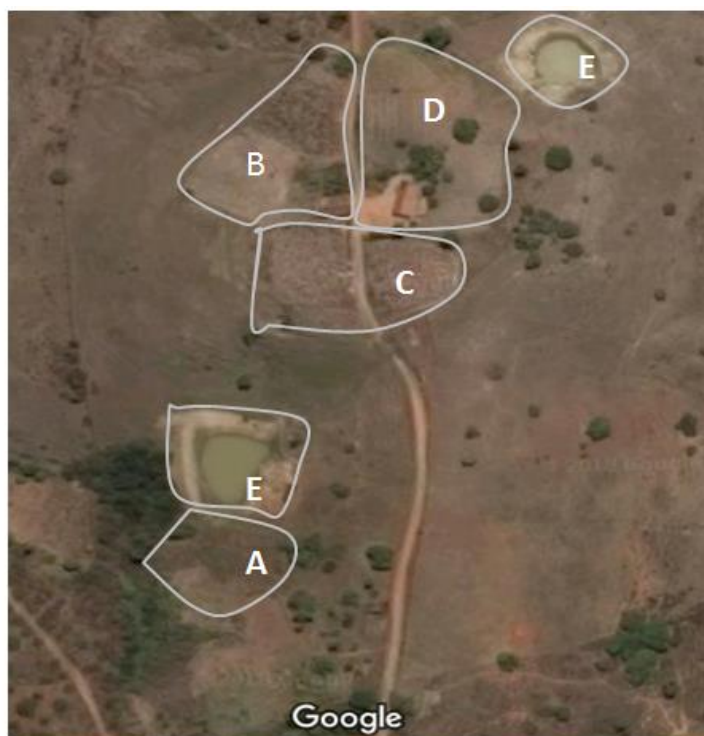


Figura 1. Localização da unidade de agricultura familiar na comunidade Gameleira. (A) Olericultura orgânica, (B) Feijão, jerimum e macaxeira (C) Fava, milho e feijão, (D) Batata, (E) Reservatórios d'água da propriedade. Fonte: Adaptado de Google Maps (2017).

2. Determinação dos pontos críticos do agroecossistema: Nessa etapa foram analisados os pontos críticos em relação aos elementos presentes na dimensão econômica, social e ambiental com o intuito de diagnosticar os pontos fracos e fortes relacionados à sustentabilidade. Após as visitas *in loco*, uma minuciosa análise dos questionários aplicados permitiu identificar uma série de limitações e potencialidades na unidade, estes serviram como pré-requisitos para seleção dos indicadores na etapa seguinte.

3. Seleção de indicadores estratégicos: Nessa etapa foram selecionados os indicadores para avaliar a sustentabilidade na comunidade Gameleira em Massaranduba. Os indicadores tomaram como norte os atributos propostos pelo MESMIS: Produtividade, adaptabilidade, estabilidade, resiliência, confiabilidade, equidade e autogestão. No total foram selecionados 19 indicadores, partindo dos estudos desenvolvidos por Gallo et al. (2014) em Glória de Dourados (MS), onde foi avaliado a sustentabilidade de uma unidade de produção agrícola, tendo como base três parâmetros propostos pelo método. Parte dos indicadores utilizados nessa pesquisa foi construída com base nas especificidades do ambiente de estudo no Agreste Paraibano, de forma que se buscou captar as particularidades da área estudada. O método permite e incentiva adaptações específicas para cada estudo realizado, reconhecendo as particularidades, e buscando aproximar-se ao máximo da realidade para avaliar a sustentabilidade (VERONA, 2008). Após a seleção dos indicadores estratégicos, foi dada sequência com a próxima etapa.

4. Medições e monitoramento de indicadores: Essa etapa apresenta o desempenho quantitativo do nível de sustentabilidade de cada indicador nas dimensões sociais, econômicas e ambientais (ALVES et al., 2016). A etapa foi realizada com a utilização dos questionários e informações obtidas em abordagens qualitativas *in loco*, seguindo o modelo de avaliação proposto por Verona (2008) e utilizado por Gallo et al. (2014), onde a soma dos parâmetros verificados em cada indicador refere-se ao grau de sustentabilidade da área em estudo, para tanto, atribui-se valores de 1 (um) a 3 (três) para cada indicador avaliado. Dessa forma, os indicadores pontuados em 1 (um) apresentam uma condição não desejável, os pontuados em 2 (dois) representam uma condição regular, e os avaliados em 3 (três) correspondem a uma condição desejável para a sustentabilidade. Os indicadores e os parâmetros são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1. Indicadores utilizados para avaliar a sustentabilidade no agroecossistema da comunidade Gameleira no município de Massaranduba – PB

DIMENSÕES	Nº	INDICADORES	PARÂMETROS		
			1	2	3
Econômica	01	Renda Econômica	Salário mínimo	De 2 a 3 salários	Acima de 3 salários
	02	Produção Agrícola	Pouca	Razoável	Acima da média
	03	Implementos Agrícolas	Modo intensivo	Manual	Quando necessário
	04	Comercialização da produção	Com intermediário	Intermediário+ venda direta	Venda direta (feiras, local de produção, etc.)
Ambiental	05	Uso de recursos naturais	Não faz	Faz, sem manejo	Faz, com manejo
	06	Água para consumo humano	Não tratada	Filtrada	Tratada
	07	Água para agricultura	Não tratada	Filtrada	Tratada
	08	Esgoto	Ambiente	Fossa	Tratada
	09	Reciclagem do lixo	Não faz	Faz parcialmente	Faz 100%
	10	Cobertura do solo	Solo exposto	Com cultivos	Cobertura em todo o ano
	11	Adubação	50% orgânico	< 90 > 50% orgânico	> 90% orgânico
	12	Áreas degradadas	Várias	Poucas	Não há
	13	Desmatamento	Já realizou	Parcialmente	Nunca houve
	14	Queimadas	Já realizou	Parcialmente	Nunca houve
Social	15	Análise e correção do solo	Não faz	Faz esporadicamente	Sempre que necessário
	16	Atuação de cooperativas	Não tem	Existe parcialmente	Existe integralmente
	17	Mão de obra terceirizada	Para todas as atividades	Apenas algumas	Não há
	18	Ajuda de programas sociais	Não tem	Recebe pouco	Recebe significativamente
	19	Escolaridade	Não Alfabetizados	Alfabetizados	Alfabetizados com segundo grau completo

Fonte: Adaptado de Gallo et al. (2014).

O somatório dos parâmetros alcançados a partir do valor de cada indicador está em relação direta com o grau de sustentabilidade, apresentando em quais aspectos o agroecossistema pode estar

impactado e fornecendo dados para a construção de medidas controle para sanar os pontos fracos encontrados e dessa forma melhorar qualidade de vida no ambiente. Como referência, foram tomados por base os valores citados por Gallo et al. (2014), por adaptação à realidade pesquisada, optou-se por utilizar 19 indicadores, metade dos que foram utilizados pelo autor em Glória de Dourados – MS. Nesse contexto, pontuações iguais ou menores a 31 demonstram que, o ambiente está com elevado grau de impacto, apresentando grande número de pontos fracos. Pontuações entre 32 e 43 indicam a presença de algumas alterações, isto é, pontos fracos em seu quadro de manejo, já pontuações maiores ou iguais a 44 indicam um agroecossistema sustentável. O somatório dos parâmetros selecionados em cada indicador do Quadro 1 são apresentados nos resultados do trabalho

5. Apresentação e integração dos resultados: Como é incentivado pelo método, foram utilizadas tabelas para facilitar a leitura dos dados, sua divulgação e reprodução. Após analisadas e apresentadas às dimensões do agroecossistema, foram destacadas as potencialidades e limitações encontradas em cada uma.

6. Conclusão e recomendações: Na última etapa é apresentada uma síntese da avaliação e são propostas alternativas para sanar os pontos fracos verificados e elevar o nível de sustentabilidade no agroecossistema.

Resultados e Discussão

Dimensão social, econômica e ambiental

A unidade de produção familiar é pertencente a uma família composta por um casal com idades acima de 35 anos, e dois filhos com idades entre 5 e 6 anos. Em relação à escolarização, os estudos do casal limitam-se ao 6º ano do ensino fundamental, ou seja, já são alfabetizados, quanto aos filhos, estão em idade escolar e regularmente matriculados no ensino pré-escolar na zona rural do município. Residem na propriedade há 15 anos, dedicando-se exclusivamente à atividade agrícola, de onde provêm os alimentos destinados ao comércio e a subsistência do grupo familiar, o terreno possui 2 hectares de extensão e todo o espaço é dedicado à prática agrícola, na qual é empregada a mão-de-obra familiar.

São desenvolvidos os cultivos de feijão, fava, batata, jerimum, milho, macaxeira (Figura 2) e olericultura orgânica. Parte dos produtos é destinada ao consumo direto do grupo e outra parte é comercializada na feira agroecológica do município de Massaranduba, gerando renda para manutenção da unidade de produção. Somando à renda obtida com o comércio, a família recebe ajuda financeira do programa Bolsa Família, totalizando uma renda mensal de 1,5 salários-mínimos.



Figura 2. Plantio consorciado de milho e macaxeira no agroecossistema.

Segundo o grupo familiar, no ano de 2017 a produção no agroecossistema foi acima da média, o que gerou uma renda extra. No entanto, a renda de 1,5 salários mínimos é um fator que limita a aquisição de equipamentos, adubos e sementes para elevar a produtividade do sistema. As despesas do agroecossistema estão associadas à aquisição de adubos orgânicos, mudas, pagamento de sindicato, aluguel de máquinas e equipamentos de preparo do solo.

O aspecto ambiental do agroecossistema constitui um dos mais importantes campos de indicadores necessários para análise da sustentabilidade, por estar diretamente relacionado ao manejo

dos recursos naturais, e seus usos para atingir diferentes finalidades na produção do sistema agrícola, e nesse contexto faz-se necessário uma análise minuciosa do quadro de manejo.

Como agroecossistema integrante da feira agroecológica, o grupo familiar respeita regras de adubação definidas pelo sindicato de agricultores do município, dessa forma inexistente a adubação por agrotóxicos o que reflete diretamente na qualidade do ambiente. Regularmente o solo é revolvido por tratores e equipamentos de aeração para iniciar os plantios, no entanto, não são observados sinais de erosão acentuada no solo da propriedade. Outra prática utilizada é a realização de queimadas entre períodos de plantio e colheita, interferindo diretamente na qualidade ambiental. A dimensão ambiental apresentou o maior número de indicadores em nível crítico no agroecossistema estudado, recebendo um maior número de propostas mitigadoras em relação às demais dimensões avaliadas. O aspecto ambiental também é destacado nos trabalhos de Araújo (2015) e Alves et al. (2016) por concentrar a maior parte dos pontos críticos do sistema de produção, por outro lado, em condições semelhantes, Carvalho e Campos (2017) observaram o menor número de pontos críticos para esta dimensão em agroecossistema no Agreste da Paraíba, onde foi dada ênfase aos pontos encontrados na dimensão social.

Somatório

O resultado obtido com a soma dos parâmetros de cada indicador foi igual a 33 pontos, indicando que o agroecossistema em estudo encontra-se com alguns indicadores em situações ideais, em contrapartida também indica a presença de alterações, necessitando da execução de medidas mitigadoras para o controle dos pontos fracos, indispensáveis para que se tenha uma sustentabilidade adequada. Valores semelhantes foram encontrados por Araújo (2015) e Campos e Carvalho (2017) para o mesmo número de indicadores em agroecossistemas no estado da Paraíba, as pontuações verificadas variaram entre 32 e 33 pontos. O somatório mais próximo das condições ideais foi observado com Carvalho e Campos (2017) em pesquisa conduzida no Agreste Paraibano, onde se observou o valor de 40 pontos, apresentando o maior grau de sustentabilidade no agroecossistema. Da mesma forma, buscou-se a elaboração de medidas de mitigação sobre os pontos fracos encontrados, tendo em vista ser através das correções dos pontos críticos que se obtém o controle dos problemas sociais, econômicos e ambientais, além de um gerenciamento mais efetivo do sistema de produção, possibilitando visualizar novas perspectivas e melhoras na qualidade ambiental do agroecossistema.

Identificação dos pontos fracos e recomendações

Os pontos críticos encontrados na unidade estudada foram os seguintes: renda econômica; água para o consumo humano; água para a agricultura; reciclagem do lixo; queimadas; análise e correção do solo; e atuação de cooperativas (Quadro 1 e Figura 3). Com a identificação dos pontos fracos em cada indicador, observou-se uma maior fragilidade da dimensão ambiental, onde se localiza o maior número de indicadores marcados no parâmetro não desejável, correspondente ao valor 1 (um).

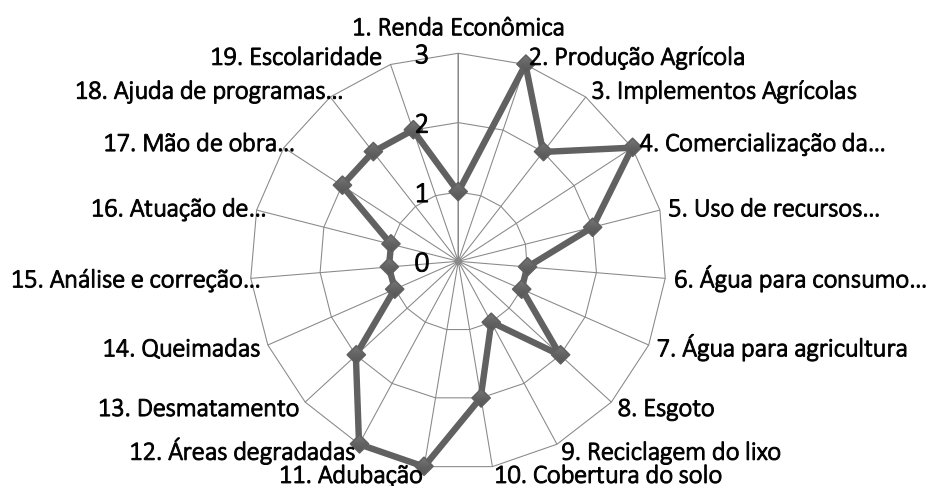


Figura 3. Comparativo entre os indicadores e os valores encontrados.

A renda econômica é um dos fatores de maior importância para a manutenção dos agroecossistemas rurais, na área estudada encontra-se como um dos pontos fracos que necessita ser analisado para posterior controle e fortalecimento. Tendo a dimensão econômica a predominância de aspectos regulares e ideais de sustentabilidade, propõe-se a diminuição dos gastos com adubos orgânicos adquiridos na zona urbana do município, de forma que a própria palha dos cultivos pode ser mantida no solo, permitindo a ciclagem dos nutrientes, além disso, os restos orgânicos das plantas têm eficiência na adubação do solo permitindo a manutenção da produtividade. Como a comercialização dos produtos agrícolas na feira agroecológica, que ocorre apenas uma única vez por semana, alguns produtos não vendidos acabam sendo perdidos, dessa forma, com o intuito de aumentar as vendas e diminuir as perdas, propõe-se que o produtor faça venda direta no agroecossistema, além de apresentar-se em outros pontos de venda, como a feira livre municipal.

Na propriedade estudada, a água destinada ao consumo humano e utilizada na irrigação não passa por nenhum processo de tratamento, sua real qualidade não é conhecida, provém de reservatórios de barreiros e cisternas, acumulada pela água nos eventos de precipitação abundante na área. Contexto e situação semelhante para o manejo da água em agroecossistema na Paraíba é verificado por Araújo (2015), onde é caracterizado pela ausência de tratamento da água e medidas de controle da qualidade para o uso animal e humano. Dessa forma, propõe-se isolar os reservatórios de qualquer fonte de contaminação possível, como esgotos, fossas e dejetos animais, concomitante a essa medida, é necessário à prática da cloração regular da água destinada ao consumo humano e animal, que pode ser feita com o apoio de agentes comunitários de saúde.

A ausência de uma prática de reciclagem do lixo constitui outro ponto negativo no agroecossistema avaliado. Os restos alimentares são utilizados na produção de adubos para os cultivos, já os rejeitos sólidos amontoam-se pelo terreno, ocupando até mesmo espaços destinados ao cultivo. Devido à ausência de um serviço de coleta de lixo na zona rural, recomenda-se ao produtor transportar regularmente os resíduos sólidos de menor porte para pontos de coleta na zona urbana, para que sejam devidamente atendidos pela coleta seletiva do município. Em se tratando dos sólidos de maior porte, propõe-se a sua utilização no próprio agroecossistema, como em quintais orgânicos, dentre outros.

A prática regular de queimadas, a ausência de análise e correção solo e a falta de cooperativas que atendam ao grupo familiar constituem também outra série de aspectos que afetam a sustentabilidade e a produtividade da unidade, é verificado nos trabalhos Gallo et al. (2014), Oliveira (2015), Alves et al. (2016), Carvalho e Campos (2017), e Campos e Carvalho (2017), que ausência de cooperativas de apoio agrícola que atendam o grupo familiar está diretamente relacionadas à não correção do solo e à prática de queimadas no agroecossistema, influenciando negativamente os demais indicadores, as propostas de controle aplicadas em comum relacionam-se a diminuição das queimadas e a busca de apoio em sindicatos de agricultores dos municípios em questão. Nesse aspecto, a presença ou não de cooperativas de agricultores por si só já indica os valores que serão encontrados para indicadores específicos do manejo do solo. Diante dessa realidade, foi proposta a erradicação da prática de queimadas, como são utilizadas para livrar-se da palha proveniente dos cultivos agrícolas, recomenda-se que esta permaneça na área atenuando processos erosivos, e permitindo a conservação da fertilidade do solo. A análise e correção do solo, por vezes são necessárias à conservação da boa produtividade, dessa forma recomendou-se que seja feita regularmente visando manter o ritmo de produção, além disso, propõe-se que o grupo familiar procure o apoio do sindicato de trabalhadores rurais para obter orientações quanto à correção do solo, prática de queimadas e perfis de produção peculiares a aquela realidade.

Conclusão

O diagnóstico da dimensão social, econômica e ambiental do ambiente da pesquisa demonstra a importância das unidades de produção familiar para o município e a região estudada. A realização do diagnóstico possibilitou uma visão ampliada da propriedade e do perfil familiar encontrado, este apresenta um relativo nível de conscientização sobre o manejo da produção. Na avaliação foram encontrados 7 indicadores que apresentaram grau insustentável, isto é, condições impróprias para a manutenção do agroecossistema.

Em relação à avaliação do índice sustentabilidade da unidade de produção familiar, este apresenta uma situação regular, em virtude de maioria dos indicadores apresentarem valores favoráveis, no entanto, em longo prazo, verificou-se que a produtividade é insustentável, em vista dos indicadores que apresentaram condições indesejadas. Nesse contexto, foram propostas recomendações

para correção dos pontos fracos verificados, as medidas tiveram como norte de elaboração as condições socioeconômicas do grupo familiar e do lugar, no intuito elevar a produtividade no agroecossistema.

Nesse âmbito, destaca-se a funcionalidade do MESMIS como mecanismo de gestão em agroecossistemas, podendo ser utilizado pelo próprio produtor como ferramenta de controle da sustentabilidade no manejo da produção. A avaliação de forma sistemática se mostra fundamental para a operacionalização do que compreendemos por sustentabilidade, qualificando e diagnosticando a situação do agroecossistema, apontando possíveis soluções de melhorias e preservação ambiental.

Referências

- ABRAMOVAY, R. Paradigmas do Capitalismo Agrário em questão. São Paulo. ANPOCS, UNICAMP, HUCITEC, 1992.
- ALVES, A. P.; CÂNDIDO, G. A.; CAROLINO, J. A. Sustentabilidade em Agroecossistemas Familiares: Uma aplicação do MESMIS junto a produtores de hortifrutigranjeiros na microrregião de Sapé-PB. In: CÂNDIDO, G. A.; LIRA, W. S. (Orgs.). Indicadores de Sustentabilidade para Agroecossistemas: Aplicações em diversos tipos de cultivo e práticas agrícolas no estado da Paraíba. Campina Grande: EDUEPB, 2016.
- ARAÚJO, L. L. T de. Avaliação socioeconômica e do solo sob área de banana em agroecossistema de base familiar no Sítio Mercês, Pilões-PB. 30f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2015.
- ARRUDA, L. V. de; NETO, B. M. Geografia e Território- planejamento urbano, rural e ambiental. 3ª Ed. João Pessoa: Ideia, 2015.
- CAMPOS, J. O.; CARVALHO, F. T. Indicadores sociais, econômicos e ambientais para avaliar a sustentabilidade na agricultura familiar da comunidade Logradouro, em Esperança – PB. In: Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido, 2, 2017, Campina Grande. Anais...Campina Grande-PB, 2017.
- CÂNDIDO, C. C.; SANTOS, A. M. dos; ALVES, A. F.; CÂNDIDO, G. A.; CAROLINO, J. A. Análise da sustentabilidade na produção familiar: Caso dos produtores de hortifrutigranjeiros da associação Ecovárzea - PB. In: CÂNDIDO, G. A.; LIRA, W. S. (Orgs.). Indicadores de Sustentabilidade para Agroecossistemas: Aplicações em diversos tipos de cultivo e práticas agrícolas no estado da Paraíba. Campina Grande: EDUEPB, 2016.
- CARVALHO, F. T.; CAMPOS, J. O. Indicadores socioambientais e cultivos agrícolas para o desenvolvimento da agricultura familiar na comunidade Pedra Pintada em Esperança-PB. In: Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido, 2, 2017, Campina Grande. Anais...Campina Grande-PB, 2017.
- DEPONTI, C.; ECKERT, C.; AZAMBUJA, J. L. B. de. Estratégia para construção de indicadores para avaliação da sustentabilidade e monitoramento de sistemas. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, v.3, n.4, p.44-52, 2002.
- GALLO, A. de S.; GUIMARÃES, N. de F.; AGOSTINHO, P. R.; CARVALHO, E. M. de. Avaliação da sustentabilidade de uma unidade de produção familiar pelo o método MESMIS. Caderno de Agroecologia, v.9, 2014.
- GALLO, A. de S.; GUIMARÃES, N. de F.; SANTOS, C. C.; MORINIGO, K. P. G.; BENTOS, A. B.; CARVALHO, E. M. Avaliação da sustentabilidade de uma unidade de produção familiar pelo método MESMIS. Cadernos de Agroecologia, v.9, n.4, 2015.
- GONÇALVES, W. L.; LIRA, W. S.; SOUSA, C. M. Análise da sustentabilidade da agricultura familiar na produção de tangerina no município de Matinhas, Paraíba. In: CÂNDIDO, G. A.; LIRA, W. S. (Orgs.). Indicadores de Sustentabilidade para Agroecossistemas: Aplicações em diversos tipos de cultivo e práticas agrícolas no estado da Paraíba. Campina Grande: EDUEPB, 2016.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário Brasileiro, 2006.
- MASERA, O. R.; ASTIER, M.; LÓPEZ, S. Sustentabilidad y manejo de recursos Naturales: El Marco de Evaluación MESMIS. México: Mundiprensa, GIRA, UNAM, 1999.
- MOREIRA, E. TARGINO, I. Capítulos da geografia agrária da Paraíba. João Pessoa. Ed. Universitária/UFPB. 1997.
- RODRIGUES, S. R. de S. Avaliação da Sustentabilidade em Agroecossistemas de base familiar na comunidade de Malhada Grande no município de Queimadas-PB. 27f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração). Universidade Estadual da Paraíba. Centro de Ciências Sociais Aplicadas, 2014.
- SANTOS, R. F. dos. O sítio Chupadouro como receptor dos resíduos sólidos da cidade de Massaranduba-PB: Uma análise socioambiental. 56f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia). Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2011.

SOUZA, R. B. de; TARGINO, I. Perfil da produção familiar rural na Paraíba. In: Encontro Nacional de Geografia Agrária, 19, 2009, São Paulo. Anais... São Paulo, 2009, p.1-29.

VERONA, L. A. F. Avaliação de sustentabilidade em agroecossistemas de base familiar e em transição agroecológica na região sul do Rio Grande do Sul. 192p. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas – RS. 2008.

AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA SOCIAL DE PRODUÇÃO AGROECOLÓGICA INTEGRADA E SUSTENTÁVEL (PAIS) NO MUNICÍPIO DE REMÍGIO-PB

¹Guilherme Monteiro de Araújo

²Alex Santos de Deus

³Roseilton Fernandes dos Santos

⁴Lázaro de Souto Araújo

⁵Hélder Granjeiro Lira

^{1,5} Engenheiros Agrônomos, guilhermemonteiro@agronomo.eng.br; helderlira@yahoo.com.br

² Mestrando em Energias Renováveis, UFPB/PPGER/CEAR, alex_santos_d@yahoo.com.br

³ Professor Adjunto, UFPB/CCA/DSER, roseilton@cca.ufpb.br

⁴ Professor Adjunto, UFPB/CCA/DCFS, lazaro.souto@hotmail.com

Introdução

O atual contexto agrário global demonstra, sucintamente, a grande importância que desempenha a agricultura familiar por um desenvolvimento mais equitativo e equilibrado para a humanidade. Por ser uma atividade produtiva essencial para o desenvolvimento econômico, sociocultural e ambiental, a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), declarou 2014, como o Ano Internacional da Agricultura Familiar, com o tema “alimentar o mundo, cuidar do planeta”.

Este seguimento é estratégico para a manutenção e recuperação de empregos rurais, para a redistribuição de renda e terra, além de uma das principais ferramentas para fortalecer o desenvolvimento rural sustentável, através do modo de funcionamento da produção e a maneira de interação entre o homem e o território que ocupa. Apesar de sua importância, a política agrícola brasileira é o maior entrave para o progresso da nossa agricultura familiar, que dificulta o acesso a recursos financeiros, assistência técnica e comercialização dos produtos. Contudo, os últimos dados do senso agropecuário (IBGE, 2006), demonstram a força que agricultura familiar exerce no agronegócio brasileiro. O seguimento emprega 12,3 milhões de pessoas, 75% da mão-de-obra no campo, e produz cerca de 70% dos alimentos que chegam até a mesa das famílias brasileiras, a mandioca (87%), feijão (70%), carne suína (59%), leite (58%), carne de aves (50%) e milho (46%) são os mais expressivos.

Com a expansão do mercado e a valorização da produção orgânica, surge o Projeto PAIS, fundamentado em uma agricultura de base ecológica e dinâmica, com uma função de empoderamento de famílias do campo. A difusão da tecnologia social PAIS é coordenada pelo Serviço brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE e financiado pela Fundação Banco do Brasil - FBB, com o apoio do Ministério da Integração Nacional.

O Projeto de Produção Agroecológica Integrada e Sustentável - PAIS - é um modelo de tecnologia social de manejo simples dos recursos naturais para a produção de alimentos orgânicos de modo integrado e sustentável. Foi idealizado, em 1999, pelo senegalês Aly Ndiaye para atender pequenos produtores do município de Brejal, Petrópolis – RJ. O PAIS utiliza instrumentos, técnicas e processos de baixo custo para a implantação de hortas em formato de mandalas, irrigadas por gotejamento. No centro da horta é construído um galinheiro que produz o esterco usado como adubo para as plantas, e a sobra do plantio serve como alimento para as aves (MAZARRO, 2011).

O PAIS é um sistema que se adequa como um modelo de Tecnologia Social (TS). As TS são instrumentos, técnicas e processos de baixo custo, e que podem ser utilizados em qualquer ponto do País, desde que haja a participação da comunidade. As tecnologias sociais precisam apresentar fácil reaplicação e impacto comprovado, servem para solucionar problemas e promover a transformação social (SEBRAE, 2009).

Em meados de 2006, o projeto PAIS começou a ser implantado na Paraíba a partir do Pacto Novo Cariri, que visava o desenvolvimento integrado do cariri paraibano. Inicialmente foram instaladas 100 unidades nos municípios de Monteiro, Taperoá, Sumé, Prata, Ouro Velho, Congo, Livramento, Amparo, São João do Tigre e Cabaceiras, todos localizados no cariri paraibano. O projeto começou a repercutir em todo o estado, devido a sua simplicidade e eficácia para o produtor rural. Devido ao sucesso do projeto, em 2008 o SEBRAE-PB firmou um convênio com o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT)

para a instalação de mais 40 unidades do PAIS na região da Borborema e do Sertão Paraibano. No ano seguinte, surgiu a parceria entre a Fundação Banco do Brasil (FBB), SEBRAE-PB, Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) para a instalação de 180 unidades do projeto PAIS nas regiões do Cariri, Borborema e Zona da Mata Sul (ALBUQUERQUE et al., 2011).

Tecnologia Social (TS), agricultura familiar e agroecologia são temas que possuem ideais convergentes. A agroecologia constitui um campo de estudos e práticas que procura deter as formas de degradação e exploração da natureza e da sociedade através de ações sociais coletivas de caráter participativo na busca da implantação de sistemas de agriculturas alternativas potencializadores da biodiversidade ecológica e da diversidade sociocultural. Já a proposta da TS vai ao encontro de tais pressupostos, contribuindo com o debate ao inserir o papel da tecnologia para a diminuição de desigualdades socioeconômicas e a promoção da Segurança Alimentar e Nutricional (SAN). E a agricultura familiar é reconhecida como o segmento desejado para materializar essas propostas, portadoras de um futuro mais justo e igualitário, tendo em vista suas potenciais características de resistir à monocultura e à concentração de terra, de potencializar o acesso aos alimentos por parcela da população carente, de interagir com a cultura local e de resgatar seus hábitos alimentares, de promover a SAN do produtor e das famílias do seu entorno (SERAFIM et al., 2013).

O município de Remígio – PB, possui atualmente 15 unidades produtivas distribuídas em diferentes regiões e comunidades rurais. Sua economia é baseada na agricultura familiar e caracterizada pelo modelo de subsistência, no qual as famílias plantam para consumo próprio e vendem os excedentes em feiras livres, programas governamentais (PAA e PNAE) ou vendas diretas para consumidores e empresas. As culturas se resumem principalmente em feijão, milho, mandioca, batata doce, algodão, frutíferas e hortaliças.

Visando a real necessidade da participação da comunidade acadêmica em estudar e acompanhar o desenvolvimento do meio rural, o presente trabalho tem como objetivo avaliar de forma dinâmica, a funcionalidade da tecnologia social PAIS no município de Remígio – PB, com ênfase na percepção dos agricultores.

Material e Métodos

O estudo envolveu 15 famílias beneficiadas com a TS PAIS no município de Remígio – PB, e foi realizado através de entrevistas diretamente nas localidades em que os agricultores e agricultoras residem. O município está localizado na mesorregião do Agreste Paraibano e microrregião do Curimataú Ocidental. Possui uma área total de aproximadamente 181km^2 , densidade demográfica de 98.77hab/km^2 e a população é de 17.581 habitantes segundo o último censo (IBGE, 2010).

O município que fica aproximadamente 132 km da capital João Pessoa tem sua economia baseada na agricultura familiar e caracteriza o modelo de subsistência, no qual as famílias plantam para consumo próprio e vendem os excedentes em feiras livres ou programas governamentais. As culturas se resumem principalmente em feijão, milho, mandioca, batata doce, frutíferas e hortaliças.

A pesquisa foi de natureza exploratória, norteadas por uma entrevista semiestruturada com o objetivo de levantar informações sobre as famílias e propriedades visitadas.

Os integrantes da pesquisa tiveram a oportunidade de participar da implantação de uma unidade do sistema PAIS, no estabelecimento do agricultor Severino Gomes Monteiro, localizado na comunidade do Jenipapo. A montagem do Sistema PAIS foi realizada em forma de mutirões entre os agricultores beneficiados de localidades próximas. A atividade coletiva no período de implantação foi entre alguns agricultores, estudantes do Centro de Ciências Agrária/UFPB e o consultor do SEBRAE, que presencia algumas etapas para prestar o apoio técnico. A instalação se dividiu em algumas etapas, seguindo a ordem: escolha e preparação do terreno, seleção das culturas, demarcação do galinheiro e dos canteiros circulares, construção do galinheiro, preparação dos canteiros e a instalação do sistema de irrigação. A Figura 1 demonstra alguns momentos do trabalho coletivo na implantação do sistema PAIS na propriedade de Severino Gomes Monteiro.



Figura 1. Momentos do mutirão para montagem de uma unidade do PAIS na comunidade do Jenipapo.

Para um prévio levantamento de informações (dados de agricultores e agricultoras, trajetos para ter acesso às comunidades e informações complementares), essenciais ao desenvolvimento da pesquisa, a equipe buscou apoio e contribuição de cidadãos que trabalham diretamente no campo. Durante os meses de março e abril de 2015, dialogou-se com alguns líderes e foram firmadas parcerias com entidades que estão engajadas no processo de desenvolvimento rural do município (Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Remígio – PB, EMATER, Associação dos Produtores Rurais do Município de Remígio – PB e SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas), e simultaneamente, flexíveis para interagir com o meio acadêmico.

Os encontros com as famílias em suas respectivas propriedades foi o principal meio para gerar as informações desejadas. Foi elaborado um questionário semiestruturado para ser aplicado nas entrevistas. Para Ruas et al. (2006), a entrevista semiestruturada tem um aspecto informal feita a partir de um roteiro de questões previamente elaboradas com os tópicos e informações que se desejam levantar. Ao longo da entrevista, podem ser elaboradas outras questões consideradas também relevantes, que não foram previamente definidas. O objetivo é levantar informações gerais ou específicas referentes às famílias dos agricultores e agricultoras familiares.

Foram abordadas questões sobre os aspectos socioeconômicos e organizacionais das famílias, e também a sua relação com a tecnologia social PAIS. Para a pesquisa de campo utilizou-se técnicas como registros de áudio, fotográficos e audiovisuais, questionário semiestruturado e observação *in loco* (caminhada no entorno do estabelecimento). Os dados coletados foram registrados em caderno de campo e em arquivo digital.

Os dados obtidos foram provenientes de 15 famílias da zona rural de Remígio – PB, beneficiadas com o sistema de Produção Agroecológica Integrada e Sustentável – PAIS. A pesquisa foi realizada em diferentes ambientes do município, nas comunidades de Chique-Chique, Jenipapo, Jacaré, Assentamento Queimadas, Caiana, Camará de Remígio, Lagedo do Teteu, Mata Redonda e Olho D'água do Cunha.



Figura 2. Registros de entrevistas e observações *in loco*.

Para a coleta e amostragem de solo, seguiram-se as recomendações do livro Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (SANTOS et al., 2013). Para retirar as amostras de solo, limpou-se a superfície do solo e com auxílio do trado holandês coletou-se, da camada superficial do solo (0 a 20 cm), em 15 a 20 pontos do terreno em ziguezague, para representar a área. As amostras foram misturadas em um balde limpo e retirado uma alíquota de mais ou menos 200 g, armazenadas em sacos plásticos, identificadas, em seguida encaminhada aos laboratórios para realização das análises necessárias.

Após chegar aos laboratórios, os solos foram encaminhados para a sala de recepção de amostras, para serem secas ao ar, tamisadas em peneira de 2 mm para a obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA) e guardadas em depósitos plásticos para posterior procedimento de análise. Para o carbono, as amostras foram maceradas e peneiradas novamente, em peneira de 100 mesh (0,149 mm).

Após a secagem ao ar, as amostras foram levadas para o laboratório de física do solo do DSER/CCA/UFPB. As determinações físicas do solo constaram de análise textural do solo através da metodologia de Bouyoucus (1951), modificado por Day (1965) utilizando 10 mL de NaOH com dispersante para 40 g de TFSA. A determinação de silte e argila foram feitas através de leituras com o hidrômetro em função do tempo de sedimentação. Os procedimentos para obter a textura do solo seguiram métodos descritos pela EMBRAPA (1997).

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo do DSER/CCA/UFPB, utilizando os procedimentos metodológicos preconizados por EMBRAPA (1997). As determinações realizadas foram: Carbono orgânico, pelo método de oxidação via úmida, com a solução de dicromato de potássio a 0,2 M ($K_2Cr_2O_7$) em meio sulfúrico e titulação com sulfato ferroso amoniacal 0,05 M $[Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O]$ com difenilamina como indicador; Bases trocáveis, cálcio (Ca^{+2}) e magnésio (Mg^{+2}) extraídos com KCl 1 mol L^{-1} ; Potássio (K^+) e sódio (Na^+) extraídos com HCl 0,05 mol L^{-1} e determinados por fotometria de chama; Soma de bases (SB), cálculo do somatório dos resultados das bases trocáveis; Acidez, Alumínio (Al^{+3}) extraídos com KCl 1 mol L^{-1} e titulação por $NaOH$ 0,025 mol L^{-1} ; Hidrogênio mais alumínio ($H^+ + Al^{+3}$) determinadas por titulação com hidróxido de sódio ($NaOH$) 0,025 M após a extração feita com acetato de cálcio de 0,5 M a pH 7,0; Capacidade de troca catiônica (CTC), cálculo do somatório das bases a acidez, ou seja $CTC = SB + (Al^{+3} + H^+)$; Percentagem de saturação por bases (V), cálculo da proporção de bases trocáveis em relação a capacidade de troca de

cátions, através da fórmula $V = (100 \times S)/T$; Fósforo (P) assimilável, extraído com HCl 0,05 mol L⁻¹ e determinado por colorimetria.

Algumas informações exploradas na pesquisa passaram por um processamento de dados estatísticos para uma interpretação mais abrangente dos resultados quantitativos que foram levantados. As variáveis estudadas foram provenientes de perguntas com respostas fechadas, que teve como objetivo fazer a caracterização do perfil socioeconômico e organizacional dos participantes e da unidade familiar.

Para a análise exploratória, os dados foram processados, resumidos e organizados através de tabelas e gráficos. Segundo Ogliari e Andrade (2005), esta análise permite que o pesquisador obtenha um bom conhecimento e senso crítico sobre os seus dados observados.

O processo de resumo e organização dos dados busca basicamente registrar as ocorrências dos possíveis valores das variáveis que caracterizam o fenômeno, em suma consiste em elaborar distribuições de frequências das variáveis para que o conjunto de dados possa ser reduzido, possibilitando a sua análise. A construção da distribuição de frequências exige que os possíveis valores da variável sejam discriminados e seja contado o número de vezes em que cada valor ocorreu no conjunto de dados.

O processamento dos dados foi realizado no Laboratório de Matemática e Estatística do Departamento de Ciências Fundamentais e Sociais do CCA/UFPB, através do Software SPSS Statistics (versão 22). Com o uso do software, foram geradas as distribuições de frequências das variáveis, tabelas e gráficos de distribuição de frequência, para cada variável.

Resultados e Discussão

Todos os estabelecimentos visitados para a realização da pesquisa são propriedades familiares que foram beneficiadas pelo projeto PAIS no município de Remígio – PB. Verificou-se que 13 famílias são compostas por casal e filhos, e outros dois beneficiados pelo projeto se refere a um agricultor que mora sozinho, e outro que mora com o filho. Ao todo, 15 famílias foram entrevistadas.

A entrevista foi aplicada ao agricultor ou agricultora responsável pela unidade do PAIS na propriedade, pois somente um integrante da família participa de todas as etapas de capacitação e vivência antes de receber o Kit Tecnológico e tem seu nome cadastrado no SEBRAE (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas), empresa responsável pela capacitação, distribuição e acompanhamento do projeto. Contudo, a entrevista não se resumiu apenas ao responsável, em algumas teve a presença do companheiro ou companheira e filhos.

Os entrevistados na maioria foram homens (13), que culturalmente é o mentor da família. Porém, a mulher, de forma crescente, vem criando seu espaço e o fortalecendo. Na ocasião duas agricultoras foram entrevistadas e observou-se o empoderamento que elas trazem para a família, para a comunidade e para a associação de produtores rurais a qual são associadas. Em relação à idade dos camponeses (Tabela 1), verificou-se que a faixa etária entre 46 e 55 anos é a predominante com 40% dos entrevistados.

Tabela 1. Faixa etária dos agricultores e agricultoras entrevistados

Faixa Etária	Frequência
26 – 35 anos	2 (13,3%)
36 – 45 anos	3 (20,0%)
46 – 55 anos	6 (40,0%)
56 – 65 anos	3 (20,0%)
66 – 75 anos	1 (6,7%)

Em relação ao nível de escolaridade dos entrevistados podemos considerar baixo. A pesquisa indicou que apenas uma agricultora possui o nível médio completo, 10 possuem ensino fundamental incompleto, caracterizando muitas vezes somente pela conclusão das séries iniciais, e outros 4 são analfabetos. Esse é o reflexo da educação do campo das gerações anteriores. Durante as visitas perceberam-se que todas as crianças e adolescentes que compõem as famílias envolvidas estão frequentando regularmente as escolas, muitos possivelmente por causa do Programa Nacional Bolsa Família, que exige esta condição.

Um dos objetivos do questionário foi de reconhecer a identificação do camponês com o local em que vive. Observou-se que todos eles moram no mesmo lugar em que produz e se dizem bastante satisfeitos de viver naquela comunidade. Abaixo segue alguns depoimentos dos entrevistados, explicando o porquê:

“Porque moro no que é meu, não vivo trabalhando para os outros. Vivo praticamente da minha horta, vou colhendo e vou vivendo” Edivan Pereira da Silva, 33 anos.

“Isso aqui é tudo pra mim. Minha área de lazer, onde vou dormir bem e acordo bem” Jacinto Ferreira da Silva, 50 anos.

“É um lugar onde tenho minhas amizades desde infância” José Abdias dos santos, 52 anos.

“Porque a natureza me pertence” Antônio Soares de Lima, 54 anos.

“Porque eu gosto da terra, tenho amor a terra” Mario Pereira, 70 anos.

“Aqui é muito bom. Quando cheguei só tinha ‘catabi’, cara feia e espinho na frente. Hoje é só paz, amor e alegria” José Rivaldo de Aguiar, 54 anos.

A fonte de renda das famílias entrevistadas provém basicamente das atividades agropecuárias desenvolvidas, e algumas o auxílio do programa bolsa família como um complemento. A partir das informações coletadas, levantou-se a média da renda familiar mensal da família. Verificou-se que 7 famílias (47%) possuem uma renda que chega até a um salário mínimo (R\$ 788,00). A partir dos relatos, entendeu-se que a baixa renda dificulta a aplicação de investimentos na propriedade, como também a aquisição de empréstimos. Outras 6 famílias ganham entre 1 a 2 salários mínimos, e outras 2 recebem em média de 2 a 3 salários mínimos. A Figura 3 demonstra os dados.

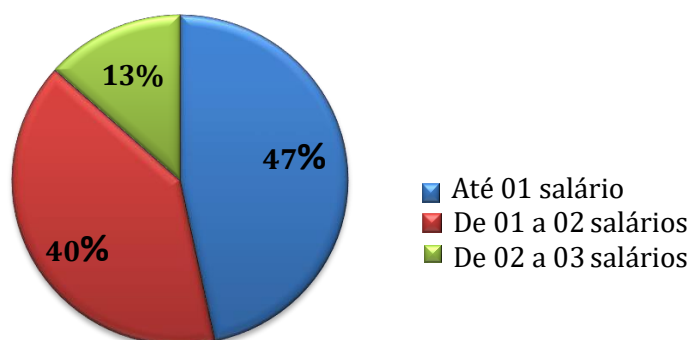


Figura 3. Média da renda mensal das famílias entrevistadas.

Observa-se que o pequeno avanço econômico e estrutural das propriedades familiares se deu por conta da participação em políticas públicas e estímulos a produção orgânica. Em depoimento, os agricultores relataram que apesar das dificuldades ainda enfrentadas, consideram que a vida da família tem melhorado nos últimos anos por conta de alguns benefícios e tecnologias que receberam, e acreditam que novas oportunidades virão. Percebeu-se que apenas uma família não participa de alguma política pública, os restantes estão envolvidos em uma, duas ou mais políticas públicas. O crédito rural PRONAF (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar), PAA (Programa de Aquisição de Alimentos), PNAE (Programa Nacional de Alimentação Escolar), Tarifa Verde, Garantia Safra, Operação Pipa e Bolsa Família são as principais políticas públicas que as famílias rurais estão inseridas. Os atores sociais do meio rural da cidade de Remígio – PB, mesmo com tantas dificuldades encontradas, hoje estão passos à frente em relação ao sistema organizacional das comunidades rurais. Observou-se que das 15 famílias entrevistadas, apenas 1 não está ligada a associação rural local. A partir dos dados, percebe-se que todas as regiões do meio rural do município possuem associações comunitárias.

Para Raskin (2002), a estrutura organizacional é o sistema formal de tarefas, relacionamentos e formas de motivação, a qual determina como as pessoas coordenam suas ações e utilizam os recursos para atingir os objetivos organizacionais. A Cultura Organizacional é o conjunto de valores compartilhados e normas que controlam a interação entre os membros da organização.

Para mensurar o envolvimento dos agricultores e agricultoras nas reuniões mensais da associação, perguntou-se sobre a sua frequência de participação. Verificou-se que das 15 famílias, 50% dos entrevistados (7 famílias), afirmaram que presenciam todas as reuniões da associação. Os demais camponeses, 4 relataram participar 75% das reuniões, e outros 3 afirmaram participar 50% das reuniões mensais. Apenas, 1 família não participa das reuniões. A Figura 4 detalha um pouco mais os números.

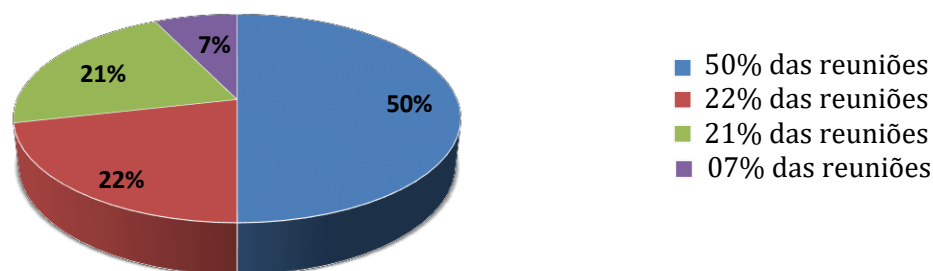


Figura 4. Frequência de participação dos agricultores e agricultoras em reuniões da associação comunitária local.

Um viés levantado foi sobre as vantagens e os pontos negativos das associações, na percepção dos associados. Para os agricultores e agricultoras, o acesso ao programa governamental PAA (Programa de Aquisição de Alimentos) através das associações é o principal benefício para as famílias. No questionário aplicado, 7 famílias responderam que “facilita o acesso ao mercado” é a principal vantagem, seguido por “facilita o crédito”, que foi a resposta de 3 famílias. Para o principal fator negativo foi apontado por 10 agricultores, 67% deles, que o que mais atrasa o desenvolvimento das associações é a “falta de interesse dos associados”. O segundo ponto foi “a falta de parcerias”, indicado por 4 agricultores.

Outra questão, foi sobre a opinião das famílias em relação às atividades desenvolvidas pela a associação em todo o seu contexto. As opções foram: “ruim”, “razoável”, “boa” e “muito boa”. Observou-se que as famílias não estão com total satisfação, visto que 6 entrevistados consideraram a situação “ruim”, e outras 3 consideram como “razoável”. As outras 5 famílias consideram a situação “boa”.

Verificou-se também, que a principal fonte de renda da associação vem do próprio associado e muitos deixam de colaborar com as taxas, o que dificulta o desenvolvimento das atividades. Segundo relato de agricultores, os gastos com registros de documentação, contas de energia elétrica e outras despesas geralmente são superiores ao valor que se arrecada. Enfatizam, ainda, que essa é uma das principais “barreiras” que dificultam a realização de suas atividades.

De forma geral, percebeu-se que o principal fator negativo para o aperfeiçoamento do sistema organizacional que estão inseridas as famílias é a “participação não efetiva” dos associados. Com os relatos, notou-se que existe pouca força de vontade por parte da maioria dos agricultores para o desenvolvimento das atividades. Como por exemplo, em uma entrevista com uma presidente de associação, a mesma enfatizou que em muitas ocasiões, muitos dos associados indagam – “o que é que ganho com isso?”.

Se considerarmos o espaço participativo de uma associação como porta de acesso da comunidade aos acontecimentos políticos e econômicos, tornando as pessoas responsáveis pela condução da comunidade, ela necessita de pessoas com iniciativa e compreensão, com atitudes e comportamentos que ajudem outras pessoas perceberem a importância de atuação em grupo, em coletividade. Portanto, a “participação não efetiva” provoca o enfraquecimento desse espaço comunitário, podendo resultar a disseminação de políticas assistencialistas favorecendo a “politicagem”, conforme um depoimento de um associado.

Com a intenção de retribuir a prestatividade dos camponeses, a equipe de trabalho se dispôs a realizar análises de fertilidade química e física do solo, a qual ficou a critério do proprietário em aceitar ou não, e indicar a área desejada para fazer a coleta do solo. Os resultados foram interpretados e servirão para possíveis recomendações de correção e adubação do solo, de acordo com o interesse dos camponeses. Segue adiante a Tabela 2, com a identificação das amostras de solos analisadas.

Tabela 2. Identificação das amostras de solo, localidade, cultivo e proprietário (a)

Nº da amostra	Localidade	Cultivo	Proprietário (a)
1	Xique	Batata	Francinaldo Nunes
2	Jenipapo	Batata / Inhame	Severino Gomes
3	Jenipapo	Citros / Macaxeira	Severino Gomes
4	Assentamento Queimadas	Hortaliças	Edvan Pereira
5	Assentamento Queimadas	Hortaliças	Severino Pereira
6	Mata Redonda	Citros	José Marcone
7	Mata Redonda	Macaxeira	José Marcone
8	Mata Redonda	Batata	José Marcone
9	Jacaré	Palma	Maria Batista
10	Olho D'água do Cunha	Batata	Ismael Reginaldo
11	Queimadas	Hortaliças	Mario Pereira

Os resultados da análise física demonstraram que os solos das propriedades visitadas são de textura arenosa, com predominância de areia grossa em relação à areia fina (solos menos desenvolvidos fisicamente). Nota-se que as principais culturas (Batata, Batata-Doce, Macaxeira e Inhame), as quais foram encontradas nas áreas estudadas, são raízes e caule tubérculo que se desenvolvem melhor em solos arenosos. Somente na comunidade Jacaré encontrou-se um solo com o teor de argila maior que 25%. A Tabela 3, demonstra os teores de areia silte e argila das amostras.

Tabela 3. Dados das análises físicas dos solos

Nº Amostra	Horiz.	Composição Granulométrica do Solo				Textura	
		Prof. em cm	Areia Grossa g/kg	Areia Fina g/kg	Silte g/kg		Argila g/kg
1 (Francinaldo)	0 - 20		641	192	103	64	Areia Franca
2 (Sever. Gomes)	0 - 20		673	191	74	62	Areia Franca
3 (Sever. Gomes)	0 - 20		679	195	76	50	Areia Franca
4 (Edvan Per.)	0 - 20		208	505	178	109	Franco Arenosa
5 (Sever. Pereira)	0 - 20		169	537	182	112	Franco Arenosa
6 (José Marcone)	0 - 20		520	232	124	124	Franco Arenosa
7 (José Marcone)	0 - 20		687	190	82	41	Areia
8 (José Marcone)	0 - 20		673	169	53	105	Franco Arenosa
9 (Maria Batista)	0 - 20		205	354	165	276	Franco Argilo Arenosa
10(Ismael Reginaldo)	0 - 20		708	169	74	49	Areia
11 (Mário Pereira)	0 - 20		227	487	166	120	Franco Arenosa

Para os resultados da análise química observou-se que o pH foi maior na propriedade do agricultor Mário Pereira, provavelmente por usar bastante esterco bovino como adubo orgânico. O solo da sua área de hortaliças também apresentou os maiores teores de fósforo, potássio e matéria orgânica. Observa-se que a área com maior CTC (capacidade de troca de cátions do solo) e o menor pH está na propriedade da agricultora Maria Batista, o qual é o solo menos arenoso. A Tabela 4 exibe os resultados das análises químicas com maior detalhe.

4. Dados das análises químicas dos solos

Nº da Amostra	pH (1:2,5)		Complexo Sortivo								V	m	C	M.O.
	Água	P mg/dm ³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	SB	Al ⁺³	H ⁺ + Al ⁺³	CTC Total				
1 (Francinaldo)	6,2	12,03	2,95	0,88	0,26	0,09	4,18	0	1,73	5,91	70,71	--	6,43	1,09
2 (Sev. Gomes)	5,3	15,17	0,66	0,74	0,09	0,04	1,54	0,1	3,38	4,92	31,23	6,09	4,45	7,68
3 (Sev. Gomes)	6,5	15,23	1,57	1,65	0,1	0,08	3,4	0	1,24	4,64	103,31	--	4,03	6,96
4 (Edvan Per.)	6,8	17,5	2,59	0,62	0,44	0,24	3,89	0,1	1,32	5,21	74,66	2,5	6,91	11,92
5 (Sev. Pereira)	5,4	2,8	1,28	0,79	0,33	0,08	2,48	0,1	3,05	5,54	44,86	3,87	4,87	8,4
6 (José Marco.)	5	7,2	2,3	0,37	0,1	0,08	2,86	0,1	3,14	5,99	47,68	3,37	8,11	13,89
7 (José Marco.)	6,9	30,8	2,1	1,32	0,15	0,07	3,64	0	1,24	4,88	74,62	--	4,99	8,61
8 (José Marco.)	5,4	21,24	1,98	0,72	0,09	0,07	2,84	0,05	3,22	6,06	46,89	1,73	4,27	7,37
9 (Maria Bat.)	5,2	2,36	18,44	11,36	0,25	0,17	30,23	0,15	3,88	34,11	88,63	0,49	5,59	9,64
10 (Ismael)	6,1	8,26	1,31	1,37	0,14	0,08	2,9	0,05	1,98	4,88	59,4	1,69	4,03	6,96
11 (Mário Per.)	7,4	45,05	3,59	0,85	1,29	0,21	5,69	0	1,07	6,76	84,14	--	10,51	18,12

Acerca da comercialização, a feira livre tradicional da cidade de Remígio – PB que acontece aos domingos, e o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) são os dois principais destinos dos produtos gerados pelas famílias que participaram da pesquisa. Do total de 15 famílias, 11 participam todos os domingos da feira livre, e 8 estão inclusas no programa federal PAA. Na região a feira livre é tradicional e existe em todas as cidades vizinha de Remígio, então 3 famílias afirmaram que comercializam seus produtos em outra cidade, cada família em uma cidade diferente, Areia, Arara e Algodão de Jandaíra.

A feirinha agroecológica, que acontece na sexta feira, é outro meio de comercialização para os agricultores e agricultoras do município que produzem alimentos de forma ecológica. A feira teve início em junho de 2006 com uma iniciativa do Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Remígio – PB. Dos agricultores entrevistados, apenas dois tem o acesso para comercializar na feira (Figura 5), outros demonstraram o interesse em participar e esperam por uma oportunidade, que pode surgir após uma ampliação da infraestrutura da feira, a qual se configura com 10 barracas padronizadas.

É importante destacar que os agricultores possuem mais de uma opção para comercialização, dependendo das condições hídricas e do ritmo de sua produção, os agricultores e agricultoras podem comercializar em dois ou três locais. Observou-se que eventualmente os agricultores ainda fazem negócios com os atravessadores a fim de conseguir vender a quantidade total dos produtos que tem para ofertar.



Figura 3. Agricultor Mário Pereira e amigos na feira agroecológica de Remígio – PB.

Em relação ao transporte dos produtos, 10 famílias (67,7%) utilizam o transporte próprio que geralmente é uma motocicleta. Por ainda não ter seu transporte próprio, 4 famílias (26,7%) pagam pelo frete. Outra família relatou que não participa da feira nem da venda direta de seus produtos e que o frete é por conta do atravessador.

Perguntou-se aos produtores e produtoras a forma da comercialização que eles consideram melhor, entre a venda na feira ou na venda direta. 12 produtores afirmaram que preferem a venda direta e outros 3 que preferem a venda na feira livre. Indagados sobre o porquê, notou-se que o dinheiro é a peça chave da opinião. Os que preferem a venda direta afirmaram que tem uma maior garantia para venderem seus produtos e maior valorização. Já os que preferem a venda na feira livre, se justificaram de que produzem pouco e não dá para se comprometer com as condições do programa, contudo opta de vender na feira livre.

A pouca precipitação pluviométrica dos últimos anos é o principal fator natural que está limitando o desenvolvimento da agricultura nordestina. Dentro dessas condições, tentando avaliar a utilidade que a TS PAIS vem representando para os camponeses da cidade de Remígio – PB, pode-se considerar que a limitação de água nos reservatórios está sendo o fator primordial que dificulta o progresso do sistema produtivo para os usuários.

Verificou-se que todos os entrevistados participaram das etapas de treinamento e capacitação para a utilização da tecnologia, que é mediada através do SEBRAE. Dentre os entrevistados, 11 (73,3%) consideraram que os momentos de treinamentos são “muito bom”, outros 3 agricultores (20%) relataram ser “excelente”, e 1 (6,7%) considerou como “bom”.

Em relação à assistência técnica, os agricultores afirmaram que nos dois primeiros anos de utilização da tecnologia receberam a visita do técnico, que é responsável por acompanhar o desenvolvimento do PAIS nas propriedades, na frequência de uma ou duas vezes ao mês. Segundo SEBRAE (2012), no projeto PAIS inicial é orientado que este acompanhamento seja realizado através de uma visita técnica individual, quinzenal, durante o primeiro ano após a implantação, e posteriormente, no segundo ano de acompanhamento é indicado uma visita técnica individual mensal; além de encontros comunitários e troca de experiências entre as unidades mais próximas.

Verificou-se que os agricultores demonstram satisfação quando se refere à assistência técnica. Afirmaram que existem incentivos por partes dos técnicos para a adoção de novas práticas culturais de base agroecológica. Contudo, observou-se que falta a utilização efetiva por parte dos agricultores. Alguns deles se justificam pelo motivo de que algumas práticas necessitam de bastante tempo de dedicação, e outros só utilizam quando acham que é necessário, de acordo com a época do ano e disponibilidade de materiais.

Sobre o incentivo à produção de alimentos, 7 famílias relataram que começaram a produzir hortaliças depois de serem beneficiadas com a tecnologia, e as outras 8 famílias afirmaram que já produziam hortaliças. Relataram que com o benefício, a família estendeu sua área de cultivo e percebeu-se um crescimento significativo em termos de variedades e quantidade produzida. Na criação das galinhas, apenas uma família não tinha essa prática. Todas as unidades familiares continuam com a criação das aves, o que é favorecido por ser um costume cultural das famílias do campo.

Notou-se, conforme alguns depoimentos, que várias galinhas recebidas junto com o Kit Tecnológico adoeceram no período de adaptação ao novo ambiente, e em seguida, morreram. Isso pode ter ocorrido por motivo de falta do manejo adequado às galinhas adquiridas. Esses cuidados não são relevantes para as galinhas caipiras tradicionais por serem mais resistentes ao ambiente, por isso, o manejo necessário pode ter passado despercebido pelos produtores. Algumas famílias relataram não ter problema algum com a saúde das aves.

Observou-se que os agricultores enfrentam dificuldades para formar o pomar do quintal agroecológico, que faz parte do projeto PAIS. Segundo SEBRAE (2009), o quintal é uma área complementar, destinada a produção de frutas, grãos e outras culturas, com o objetivo de complementar a alimentação da família e dos animais e melhorar a renda do produtor. O beneficiado recebe 50 mudas de frutíferas para incrementar sua propriedade, mas verificou-se que muitas não vingaram após serem transplantadas. Esse fato se dá em decorrência do manejo inadequado com a mudas na etapa de adaptação após o transplante. A escassez de água foi a justificativa dos agricultores, visto que, dependendo da época do ano, as mudas devem ser bem irrigadas diariamente nos primeiros trinta dias após o transplante. Notou-se que, é necessário ter um planejamento por parte dos agricultores e o técnico que acompanha a unidade antes de iniciar o período de transplante, para que não resulte em tamanha perda das mudas.

A irrigação por gotejamento, sistema utilizado no projeto com o objetivo de otimizar o uso da água não vem sendo bem aproveitado pelos produtores. Pelo fato dos solos serem de textura arenosa, como se observou na Tabela 3, e a elevada temperatura do solo, faz com que a pouca água liberada no gotejamento se infiltre rapidamente no solo ou se evapore, o que limita sua absorção pelas hortaliças. Para contornar a situação, os produtores auxiliam com a irrigação manual, ou trocam o sistema de gotejamento pela micro aspersão.

Segundo Reinert et al. (2001), a textura e a estrutura são características que influenciam expressivamente a movimentação da água no solo, uma vez que determinam a quantidade de macroporos presentes em seu perfil, os quais são de extrema importância na condutividade hidráulica do solo. Outras características do solo que também interferem expressivamente na infiltração da água são: a forma dos poros e a sua continuidade. Solos de textura grossa, ou seja, arenosos, possuem maior quantidade de macroporos que os de textura fina (argilosos) e, conseqüentemente, apresentam maior condutividade hidráulica e taxa de infiltração.

O projeto PAIS serve para estimular e diversificar a alimentação das famílias, mas verificou-se que as famílias não continuam cultivando a diversidade de hortaliças quando se compara com a diversidade inicial do projeto. Observou-se que a tradição cultural de alimentação dos camponeses envolve poucas hortaliças, assim como a procura dos clientes aos produtos, se resume em poucas variedades. Esses dois fatores influenciam e atrasam o processo de diversificação alimentar das famílias beneficiadas com a TS. Desde o início da pesquisa, notou-se que o principal fator limitante para o progresso dos agricultores e agricultoras com o projeto PAIS é a disponibilidade hídrica. Porém, o avanço tecnológico para a convivência com a estiagem já é uma realidade no semiárido brasileiro, e mesmo que lentamente, os camponeses estão aderindo gradativamente às práticas. O relato de um dos entrevistados é o reflexo desse contexto.

“Não existe seca no Nordeste, o que existe é o despreparo dos nossos representantes. Porque não existe chuva em Israel, e mesmo assim, ele é o maior produtor de algodão do mundo” Mário Pereira, 70 anos.

Como foi observado durante as entrevistas e visitas de campo, todos os agricultores e agricultoras beneficiadas com o PAIS demonstram ser cidadãos que se identificam com a comunidade em que vivem, trabalham em harmonia e com respeito à terra, e produzem alimentos orgânicos porque possuem uma consciência ímpar em cada um deles. A satisfação de trabalhar em sua própria terra e poder produzir alimentos saudáveis, foi visualizado como o elemento primordial para refletir em um avanço utilitário da Tecnologia Social de Produção Agroecológica Integrada e Sustentável no meio rural do município de Remígio – PB. Na sequência, segue depoimentos de agricultores e agricultoras sobre o motivo de produzir alimentos orgânicos.

“Porque eu acho bom pra mim mesmo. A saúde... O povo que compra a mim já vem sabendo que é boa” Antônio Soares de Lima, 54 anos.

“A garantia da minha saúde e dos que estão consumindo” Edivan Pereira da Silva, 33 anos.

“Mais saudável, não vai contrair doenças, não contamina o solo nem envenena a mesa de ninguém” Josefa Miranda dos Santos, 54 anos.

“Para o bem de todos, em prol da vida” Mario Pereira, 70 anos.

“Quem trabalha com produto químico só trabalha envenenado e envenenam os outros. Nós queremos ver a natureza, não destruir” José Abdias dos Santos, 52 anos.

“É pela saúde. Como minha filha que vai na horta e colhe alface sem medo nenhum, se tiver uma lagartinha até come junto” Jacinto Ferreira da Silva, 50 anos.

“Para evitar doenças, não prejudicar a população” Severino Gomes Monteiro, 57 anos.

Mesmo com todas as barreiras enfrentadas pelos camponeses nos dias atuais, todos os entrevistados afirmaram que com o benefício da tecnologia PAIS a renda da família “melhorou” ou até “melhorou muito”. Aquelas famílias que já produziam hortaliças tiveram a oportunidade de aumentar e diversificar a sua produção, algumas que não produzia passaram a ter uma nova atividade com a produção de hortaliças e a valorizaram. O depoimento a seguir identifica a importância que o PAIS significou para a família.

“Quase tudo que tenho hoje veio da ligação com a TS PAIS, que me incentivou logo quando cheguei no assentamento e não tinha nada” Edivan Pereira da Silva, 33 anos.

Conclusão

Há uma crescente adesão das famílias rurais do município de Remígio – PB ao modelo de produção orgânica, simultaneamente com o aumento da procura dos consumidores por alimentos saudáveis. O processo de transição do sistema convencional de cultivo para o sistema orgânico de cultivo no solo está relacionado com a atuação de organizações governamentais e não governamentais que atuam na cidade de Remígio – PB.

O projeto PAIS vem sendo uma importante ferramenta de trabalho para as famílias beneficiadas no município, servindo de apoio e incentivo à produção de base ecológica com consequente aumento da renda familiar e segurança alimentar.

Houve uma melhoria na base alimentar e na renda das famílias constatada através da produção diversificada dos alimentos e da ampliação da criação de animais de pequeno porte.

As famílias entrevistadas na pesquisa, de maneira geral não conseguiram formar com êxito o pomar do quintal agroecológico, que serão fonte de renda e de alimentação posteriormente para as famílias.

O principal fator limitante para o progresso dos produtores com o Projeto PAIS em Remígio – PB é a falta d'água nas fases importantes de desenvolvimento das culturas e para a necessidade hídrica da família e da propriedade.

A capacidade dos agricultores e agricultoras em aceitar novos desafios, as participações nas associações rurais da comunidade, as possibilidades de escoarem seus produtos através de programas governamentais e em feiras livres do município ou cidades vizinhas, e o modo de cultivo de base ecológica são os principais fatores observados que influenciaram no avanço e na utilidade do Projeto PAIS no município.

A inesquecível lição observada nesta ação de extensão rural considera que agricultores e agricultoras beneficiados (as) nesta pesquisa são pessoas com ampla consciência sobre seu papel no mundo e que reconhecem o valor de produzirem alimentos saudáveis.

Após a pesquisa, pode-se considerar que é necessário um acompanhamento técnico mais eficiente em alguns casos específicos. Os problemas de manejos que foram citados, como a doença em galinhas e a morte de algumas mudas durante a formação do quintal agroecológico, podem ser evitados a partir de um planejamento mais eficiente entre o técnico responsável e o proprietário antes da execução das atividades. Transplantar as mudas frutíferas para uma área de mata nativa, caso tenha na propriedade, pode ser uma alternativa que proporcione melhores condições hídricas para o crescimento das mudas. Além disso, pode estimular o produtor a iniciar um sistema agroflorestal em sua propriedade. Visto que esses problemas foram comuns, as sugestões podem ser úteis para as próximas implantações.

Estimular encontros locais independentes entre os beneficiados pela Tecnologia Social PAIS, pode fortalecer a rede local de usuários. A troca de informações sobre as experiências, dificuldades e avanços dos agricultores que já fazem o uso desta tecnologia, podem servir de exemplo para aqueles que estão iniciando ou se deparam com os obstáculos.

É importante ressaltar que, há necessidade de maior participação das instituições públicas de ensino, pesquisa e extensão, em desenvolver estudos acerca da realidade atual dos pequenos produtores familiares, e intervir quando possível. Essas ações estimulam o desenvolvimento rural sustentável e fortalece a integração entre o meio acadêmico e rural, agregando conhecimento e valores para ambos.

Referências

- ALBUQUERQUE, R. S.; XAVIER, J. F.; FERNANDES, F. S.; OLIVEIRA, S. J. C.; BEZERRA, B. B. Projeto PAIS: A experiência da produção de hortaliças agroecológicas no estado da Paraíba. In: Congresso Brasileiro de Agroecologia, 7, Fortaleza, 2011. Anais.... Lagoa Seca: Universidade Estadual da Paraíba, 2011.
- AS-PTA-PB. Sindicato dos trabalhadores Rurais de Remígio. Agricultura Familiar: Uma proposta para Remígio. 30p.
- BOUYOUCOS, G. J. A. A recalibration of the hydrometer method for making analysis of soil. *Agronomy Journal*, v.43, n.9, p.434-437, 1951.
- DAY, P. R. Particle Fractionation and particle size analysis. In: BLACK, C. A. (Ed.) *Methods of soil analysis*. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p.545-567.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Manual de Métodos de Análise de Solo*. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.

- IBGE. Censo Agropecuário 2006. Disponível em:
<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/default.shtm>>.
Acesso em: 22 de abril de 2015.
- IBGE. Censo Demográfico 2010. Disponível em:
<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>>. Acesso em: 14 de setembro de 2015.
- MAZARRO, F. B. A tecnologia social de produção agroecológica integrada e sustentável - pais - na comunidade quilombola Chácara do Buriti - Campo Grande/MS. 101f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Local). Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Local. Universidade Católica Dom Bosco. Campo Grande, 2011.
- OGLIARI, P. J.; ANDRADE, D. F. de. Estatística Básica Para as Ciências Agrônômicas e Biológicas: com noções de experimentação. Santa Catarina: UFSC, 2005. 358p.
- RASKIN, S. F. As Organizações e a Teoria Organizacional. Disponível em:
<<http://www.pr.gov.br/batebyte/edicoes/2002>>. Acesso em: 23 de novembro de 2008.
- REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; SILVA, V. R. Propriedades físicas de solos em sistema de plantio direto irrigado. In: CARLESSO, R. Irrigação por aspersão no Rio Grande do Sul. Santa Maria, RS, 2001, 165p.
- RUAS, E. D.; BRADÃO, I. M. M.; CARVALHO, M. A. T.; SOARES, M. H. P.; MATIAS, R. F.; GAVA, R. C.; MENSONES, W. G. P. Metodologia participativa de extensão rural para o desenvolvimento sustentável – MEXPAR. Belo Horizonte, 2006. 134p.
- SANTOS, R. D.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. Manual de descrição e coleta de solo no campo. Viçosa, 2013. 100p.
- SEBRAE. Manual/documento referencial – versão 2.0 – para orientar os estados (SEBRAE/UF) na elaboração das propostas e projetos na disseminação da “tecnologia PAIS” em todo o território brasileiro. Brasília, 2012. Disponível em:
<http://www.planetaorganico.com.br/arquivos/MANUAL_TR_PAIS_2012_-_Vers%C3%A3o_2_0_-_Doc_Referencial_PROJETO_PAIS.pdf> Acesso em: 15 de julho de 2015.
- SEBRAE. PAIS – Produção agroecológica integrada e sustentável: Mais alimento, trabalho e renda no campo. Saiba como produzir alimentos saudáveis e preservar o meio ambiente. 3ª edição. Brasília, 2009. Disponível em: <https://econutricao.files.wordpress.com/2010/11/cartilha_pais.pdf>. Acesso em: 09 de setembro de 2015.
- SERAFIM, M. P.; JESUS, V. M. B. de; FARIA, J. Tecnologia Social, agroecologia e agricultura familiar: análises sobre um processo sociotécnico. Tecnologia Social, Agroecologia e Agricultura Familiar. Campinas, v.20, n.1, p.169-181, 2013.

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DOS FRUTOS DA PALMA FORRAGEIRA (*Opuntia ficus-indica*) E DA PALMA DE ESPINHO (*Opuntia dillenii*) COLETADAS NO SERIDÓ PARAIBANO**¹Lídia de Moura Souto****²Giuliane Karen da Silva Araújo****³Frederico Campos Pereira****⁴Luciano Pacelli Medeiros de Macedo****⁵Cassius Ricardo Santana da Silva****⁶Edinalva Alves Vital dos Santos**¹Graduanda Agroecologia IFPB, Picuí, lidiamoura.2015@hotmail.com²Graduanda Agroecologia IFPB, Picuí, giulianekaren@gmail.com³Prof. Dr. IFPB, Picuí, fredcampos2000@yahoo.com.br⁴Prof. Dr. IFPB, Picuí, luciano.macedo@ifpb.edu.br⁵Prof. MSc. IFPB, João Pessoa, cassius.santana@gmail.com⁶Especialista em Gestão dos Recursos Ambientais do Semiárido IFPB, Picuí, ednalva.avs@gmail.com**Introdução**

O Brasil é um país de dimensões continentais, constituído por regiões e estados, famosos por sua rica variedade em recursos naturais. O Nordeste brasileiro tem sido evidenciado mais recentemente como detentor de um grande número de espécies endêmicas, que devem ser consideradas como um patrimônio biológico de valor incalculável, porém apresenta um potencial econômico ainda pouco valorizado (LIMA et al., 2012).

Esta região guarda muitos frutos exóticos ou que simplesmente só são encontrados em biomas específicos, como é o caso da Caatinga. A preservação desses alimentos originais e toda a cultura gastronômica, dependem cada vez mais do empenho dos habitantes de pequenas comunidades. A produção das receitas à base de cactáceas, é relativamente simples e pode se tratar de uma forma eficiente de aproveitamento da matéria prima existente em pequenas propriedades rurais no Semiárido Brasileiro (SAB) (LIMA, 2012).

É necessário o estudo de produtos processados a partir de culturas não convencionais e plenamente adaptadas às condições do Semiárido Brasileiro (SAB); a utilização das cactáceas e seus subprodutos e a exploração racional destas espécies insere-se nesse propósito, pois em virtude de suas especificidades fisiológicas, podem atingir elevados níveis de rendimento. Há uma gama de aptidões e produtos próprios a estas espécies, que precisam ser exploradas tanto na alimentação cotidiana desse povo, como em escala comercial, mediante produção dentro de padrões de conformidade exigidos pelos mercados, e com a desejável e inovadora diferenciação de produtos elaborados, tendo como base, os frutos dessas plantas (LIMA, 2012).

Representando uma parcela significativa do território brasileiro, a região do Semiárido Brasileiro (SAB) engloba uma área aproximada de 969.589,4 km² (MIN, 2005). Inseridas nos domínios do Semiárido encontram-se as áreas de caatinga. Nesse sentido, tem-se que a caatinga é um tipo vegetacional semiárido único, ocorrendo no Brasil grande parte no Nordeste, com altas incidências de raios solares e consequentemente temperaturas elevadas durante o ano todo, ventos fortes e baixa umidade do ar, e por isso sofre com a irregularidade temporal e espacial da precipitação, o que gera desajuste sócio econômicos na região. (SAMPAIO, 1995; AGUIAR et al., 2002; MMA, 2002).

O município de Picuí fica localizado no Território da Cidadania Curimataú (Código do IBGE – 2511400), na Mesorregião Geográfica da Borborema e Microrregião do Seridó Oriental Paraibano (6° 33' 19" S e 36° 20' 56" W), a uma altitude de 440 m acima do nível do mar. Segundo a estimativa populacional (IBGE, 2010), a cidade de Picuí é caracterizada como pólo de desenvolvimento das microrregiões do Seridó Oriental Paraibano e Curimataú Ocidental. Dando suporte a 16 municípios dessas microrregiões, que compreendem uma área de 5.196,020km² e uma população de 135.149 habitantes (PDI IFPB, 2010).

De acordo o IBGE (2010), sua população é de 18.222 habitantes, e o município está incluído na área geográfica de abrangência do semiárido brasileiro, definida pelo Ministério da Integração Nacional em 2005, delimitação que teve como critérios o índice pluviométrico, o índice de aridez e o risco de seca.

O referido município possui um IDH de 0,606. A economia do Município está concentrada em três grandes atividades: o trabalho rural (produção familiar - 36,8%), trabalho doméstico (19,8%) e trabalho no setor público municipal (6,7%). Há ainda a atividade de mineração ainda em estágio incipiente necessitando de tecnologia industrial para se firmar economicamente como um vetor de desenvolvimento do município (PDI – IFPB, 2010).

Segundo Malvezzi (2007) o Semiárido Brasileiro (SAB) é o mais chuvoso do planeta, com pluviosidade em média de 750 mm/ano (variando, dentro da região, de 250 a 800 mm/ano). O subsolo é formado em 70% por rochas cristalinas, rasas, o que dificulta a formação de mananciais perenes e a potabilidade da água, normalmente salinizada. Contudo, a despeito dessas dificuldades, é um espaço geográfico de grande potencial produtivo, onde há nichos ecológicos privilegiados para a prática de agricultura racional, até a condução de atividades de sequeiro, que, quando manejadas dentro de padrões de eficiência econômica, podem resultar em melhoria do bem-estar das comunidades rurais e incremento da renda agrícola estadual. Assim, saber explorar essa grande potencialidade com alternativas sustentadas de desenvolvimento torna-se imprescindível.

No Brasil e em alguns países da América Latina, vêm-se utilizando como alternativa alimentar cactáceas do gênero *Pilosocereus* (facheiro), além das *Opuntias* e a *Pereskia aculeata* (ora-pronobis) no consumo humano. Contudo o consumo de cactáceas, como alimento humano, encontrasse pouco difundido entre a população brasileira, sendo seu consumo limitado apenas aos consumidores da gastronomia exótica ou algumas vezes pela população de baixa renda (SILVA et al., 2005).

A família Cactaceae inclui cerca de 124 gêneros, aproximadamente 1.440 espécies (HUNT et al., 2006) e apresenta uma clara propensão para ambientes secos (xerófitos). O Brasil é considerado um dos maiores centros de diversidade da família Cactaceae, totalizando aproximadamente 200 espécies (SOUZA & LORENZI, 2005), sendo muitas destas espécies endêmicas da Caatinga, mais especificamente do Nordeste (TAYLOR & ZAPPI, 2004). São plantas habitualmente espinhentas e suculentas que constituem um importante elemento da paisagem deste bioma.

Apesar do desconhecimento numérico, empiricamente se sabe que a utilização de cactos por parte da população humana do Semiárido Brasileiro é ampla, bastante antiga e com numerosos registros na literatura científica. Para exemplificar os múltiplos usos das cactáceas (como medicamentos; uso na alimentação humana; uso na alimentação de animais; como ornamentais de praças e jardins; como cercas-vivas, feitura de portas, janelas, ripas e caibros; como enchimento de selas e almofadas; pintura de casas). O Brasil é considerado o terceiro maior centro de diversidade da família Cactaceae, totalizando aproximadamente 200 espécies (SOUZA & LORENZI, 2005), sendo muitas destas espécies endêmicas da Caatinga Nordestina, e que necessitam de maiores estudos (TAYLOR & ZAPPI, 2004).

Espécies de Cactáceas são empregadas como forrageiras de ruminantes em períodos de seca prolongados (SILVA et al., 2005), no consumo de seus frutos deliciosos pelo homem (*Cereus jamacaru*, *Hylocereus setaceus*, *H. undatus* e mesmo *Cipocereus*) na elaboração de doces caseiros (*Melocactus spp*; *Discocactus placentifomis*) e como medicinais (AGRA, 1996; ANDRADE et al., 2006).

Algumas receitas de pratos com sabores regionais com cactáceas vêm sendo elaboradas, com ênfase na palma forrageira (GUEDES, 2002; 2004, GUEDES et al., 2004; e DINIZ, 2009). O reconhecimento do valor nutricional do fruto da palma forrageira, o figo da índia, do mandacaru e de outras cactáceas tem motivado nos últimos anos o desenvolvimento de trabalhos, objetivando introduzir as cactáceas na dieta alimentar humana. Em que pese esse reconhecimento, ainda é incipiente o número de pesquisas que de fato tragam dados que atestem uma viabilidade nutricional, vitamínica e palatável que tornem esses frutos referência, ou mesmo consigam aumentar o seu consumo entre os brasileiros.

Iniciativas como essas devem assumir caráter prioritário, desempenhando papel fundamental nos programas sociais, na expectativa de reduzir a fome e minimizar as deficiências nutricionais da população. O cladódio da palma é rico em vitamina A, um nutriente reconhecidamente escasso na dieta regional do Nordeste, como afirmam os especialistas, com o aval da Organização Mundial de Saúde (OMS), e que serve para a formação e manutenção dos tecidos do organismo saudável, particularmente os olhos, pele, ossos e tecidos dos aparelhos respiratório e digestivo. É também muito importante para o bom funcionamento do sistema imunológico (CÂNDIDO FILHO et al., 2014).

O interesse pelas propriedades de alimentos para a preservação da saúde humana veio das evidências sobre os benefícios de frutas e hortaliças na prevenção de câncer e outras doenças degenerativas (PRIOR et al., 1998). A ação quimio-preventiva tem sido atribuída principalmente a compostos polifenólicos a exemplo dos pigmentos carotenoides que possuem ação antioxidante

(MacLEAN et al., 2003), e podem representar um grupo de alimentos na proteção à saúde do brasileiro. Existe uma vasta gama de frutas – nativas e exóticas – que se convencionou chamarem de “potenciais”. Elas ocupam mais ou menos o mesmo espaço, outrora reservado às espécies já reconhecidas e produzidas comercialmente a nível nacional, dentre as nativas com potencial, podem-se destacar as das Cactáceas (KUTI, 2004).

Os frutos de cactáceas são reconhecidos pelo seu elevado potencial nutracêutico (CARRASCO & ZELADA, 2008; GARCÍA-GUTIÉRREZ, 2008) e seus benefícios à saúde humana (STINTZING et al., 2005; 2003). A Food Agriculture Organization (FAO) também reconhece o potencial para alimentação humana destas e sua importância para o desenvolvimento das regiões áridas e semiáridas, especialmente nos países em desenvolvimento, através da exploração econômica das várias espécies, com consequências sustentáveis para o meio ambiente e para segurança alimentar.

Partindo destas considerações, o presente estudo tem por objetivo realizar a caracterização físico-química dos frutos da Palma Forrageira (*Opuntia ficus-indica*) e a Palma de Espinho (*Opuntia dillenii*) quanto ao teor do pH, °Brix, Acidez Potencial, Teor de Umidade e Cinzas, coletadas no Seridó paraibano.

Material e Métodos

Foram utilizados dois frutos, ambos coletados no município de Picuí, localizado na região do Seridó paraibano, sendo um da Palma Forrageira (*Opuntia ficus-indica*) e outro fruto da Palma de Espinho (*Opuntia dillenii*), que tiveram valores de peso de 5,480g e 6,058g respectivamente (Figura 1A). As análises foram realizadas, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte- Campus Currais Novos. As mesmas foram elaboradas no Laboratório de Alimentos com auxílio de um técnico e um professor. As análises realizadas foram: análises de pH, ° Brix, Acidez potencial, Teor de Umidade e Cinzas. As determinações seguirão as metodologias propostas conforme o Instituto Adolfo Lutz (2004).

Para realizar a análises de pH foram utilizados como materiais o pHmetro com compensador de temperatura, eletrodo de vidro combinado, agitador magnético com barra magnética, bequeres de 50 e 150 mL, balão volumétrico de 500 ml, capsula de porcelana e dessecador com agente dessecante (Figura 1B). Para a análise do °Brix foi utilizado um conta gotas para se colocar um pouco da amostra na lente do refratômetro, depois a tampa foi fechada, e em seguida foi feita a leitura da escala onde a cor mudava. Então foi registrada a leitura da escala para o décimo grau mais próximo (Figura 1C).

Para as análises da Acidez Potencial foi utilizada a Equação 1.

$$M/V = V \times F \times M \times PM / 10 \times P \times n \text{ (Eq. 1)}$$

Onde: V = volume da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação em mL; M = molaridade da solução de hidróxido de sódio; P = massa da amostra em g ou volume pipetado em mL; PM = peso molecular do ácido correspondente em g; n = número de hidrogênios ionizáveis; F = fator de correção da solução de hidróxido de sódio.

Para a Palma Forrageira os valores foram: V=1,3, F=0,9670, M=0,1, PM=192, P=4,57 e n=3. Para a Palma de Espinho os valores foram: V=3,4, F=0,9670, M=0,1, PM=192, P=4,76 e n=3.

Para determinar o teor de umidade foi utilizada uma estufa a 85°C e depois utilizada a Equação 2.

$$U\% = AU - AS / AU \times 100 \text{ (Eq. 2)}$$

Onde: AU- Amostra Úmida= 5,480 e AS- Amostra Seca= 0,262 para a Palma Forrageira e AU= 6,058 e AS= 0,360.

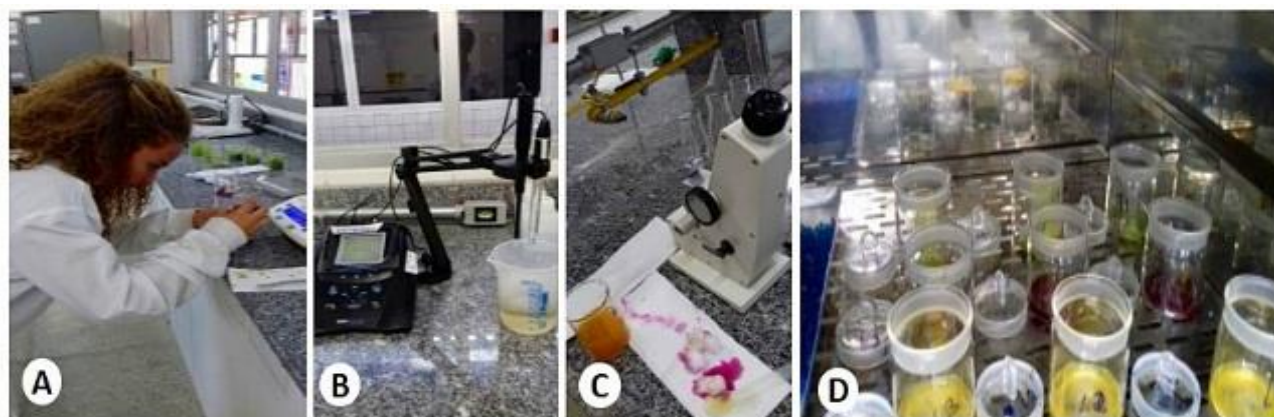


Figura 1. Análise físicoquímica dos frutos de *Opuntia ficus indica* e *Opuntia dillenii*: A. Pesagem dos frutos, B. Análise de PH, C. Utilização de refratômetro para determinação do °Brix. D. Amostras em estufa.

Para descobrir a quantidade de cinzas foi pesado as amostras dos frutos em cadinho de porcelana, o qual foi previamente incinerado, esfriado e tarado. Depois os cadinhos e as amostras foram incinerados numa mufla, inicialmente a temperatura mais baixa e depois a 560°C. A mufla é um equipamento utilizado para incinerar a matéria orgânica da amostra e a mesma pode alcançar altas temperaturas. Quando a cinza ficou pronta, isto é, quando não restou nenhum resíduo preto de matéria orgânica, o cadinho que estava com a amostra foi retirado da mufla, colocado num dessecador para resfriar e em seguida foi pesado.

A diferença entre o peso do conjunto e o peso do cadinho vazio foi o resultado da quantidade de cinza na amostra, e essa quantidade será o N na equação 3, que foi utilizada para descobrir a porcentagem de cinza na amostra. E para se descobrir o P foi realizada um cálculo de regra de três, onde multiplicou-se o peso da amostra úmida pelo peso inicial das cinzas e dividiu-se pelo peso final da umidade.

$$100 \times N / P \text{ (Eq. 3)}$$

Resultados e Discussão

pH

Os resultados mostram que, para as análises de pH obteve-se valores de 4,46 para o fruto da Palma Forrageira (*Opuntia ficus indica*) e 4,01 para o fruto da Palma de Espinho (*Opuntia dillenii*), (Tabela 1). Aquino Bolaños et al. (2012), estudando sete variedades (*Opuntia* spp.) encontrou valores de pH menores para Pintadera, no entanto os valores deste estudo se aproxima dos resultados encontrados pelos autores para as variedades: Tapón Aguanoso, Rubí Reyna, Camuezo, Apastillada, Moradilla 1 Moradilla 2, que apresentaram valores de pH, de 5.40 a 5.81.

Tabela 1. Valores médios do pH, °Brix, Acidez Potencial, Teor de Umidade e Cinzas, dos frutos da Palma Forrageira (*Opuntia ficus-indica*) e Palma de Espinho (*Opuntia dillenii*)

	Fruto da Palma Forrageira (<i>Opuntia ficus-indica</i>)	Fruto da Palma de Espinho (<i>Opuntia dillenii</i>)
pH	4,46	4,01
SS (°Brix)	5,98	5,88
Acidez Potencial	0,14%	0,44%
Teor de Umidade	95,22%	94,06%
Cinzas	0,040%	0,74%

Canuto et al. (2007), registrou pH semelhante à os encontrados neste estudo para as espécies de Xique-xique e Mandacaru, compreendendo valores de 4,80 e 4,97 respectivamente. No entanto para a Palma o pH foi 6.0, diferindo do registrado para as espécies do presente estudo. Já Oliveira et al. (2004), estudando as características físico-químicas dos frutos do mandacaru, obtiveram teores de pH de 4,52, semelhantes aos registrados aqui para Palma Forrageira e a Palma de Espinho. Os valores de pH,

registrados classifica os frutos de Palma Forrageira e a Palma de Espinho (*Opuntia ficus-indica* e *Opuntia dillenii*) como pouco ácidos, corroborando os resultados de Lima et al. (2012) para espécies de Pitayas que também apresentaram valores de pH semelhantes variando de 4,83 a 5,67.

Sólidos solúveis

As análises de teores de sólidos solúveis, não divergiram significativamente, de modo que para o fruto da Palma Forrageira foi de 5,98 °Brix e para o fruto da Palma de Espinho foi de 5,88 °Brix (Tabela 1). Os teores de açúcares totais °Brix é considerado baixo, relacionados aos encontrados por Oliveira et al. (2011), também para a Palma (*Opuntia ficus-indica* L. Mill), que apresentou 13 °Brix. A literatura traz em alguns estudos (CANUTO et al., 2007; SÉPULVEDA & SAÉNIZ, 1990) valores de 13 a 14 °Brix, para *Opuntia ficus-indica*.

Lima et al. (2014) estudando duas espécies de Pitayas: *Hylocereus undatus* e *Selenicereus setaceus*, encontrou valores que variaram de 13,1 a 15,6 °Brix. Aquino Bolaños (2002) também registrou valor alto para a variedade Tapón Aguanoso valores relativamente altos comparados aos registrados neste estudo para as espécies de Palma. De acordo com os valores registrados para as espécies palma forrageira e palma de espinho, comparados aos resultados citado pela literatura, nota-se baixos valores de teores de sólidos solúveis.

Contudo, outras espécies de cactáceas já apresentaram valores inferiores como o estudo de Silva e Alves (2009), que analisando os teores de Sólidos Solúveis para a polpa encontrou percentuais de 5,76 e 1,53% °Brix, para a casca. Para o Facheiro já se registou registraram teores de sólidos solúveis de 3,13 a 4,265 °Brix (LIMA et al., 2005). Para Chitarra e Chitarra (2005), o teor de sólidos solúveis está intimamente ligado ao estágio de maturação que o fruto foi colhido.

Acidez Potencial

Os resultados para a variável Acidez potencial compreenderam 0,14 e 0,44% para a Palma Forrageira e Palma de Espinho respectivamente (Tabela 1). Melo et al. (2017), reportaram valores relativamente mais altos para o mandacaru, em microrregiões do Agreste e Curimataú Paraibano, compreendendo valores de 0,45 a 0,37%, respectivamente. No entanto os valores do presente estudo para as espécies Palma forrageira e Palma de espinho, são mais altos quando se compara ao estudo de Terán et al. (2015) que avaliando as análises físico-química dos frutos de *Opuntia ficus-indica* obtiveram acidez de 0,027% para a casca e 0,0125 para a polpa. Canuto et al. (2007), revela valor de 0,25% para a Palma, se aproximando dos resultados registado neste estudo para a palma de espinho. Em contrapartida, o Xique-xique (*Pilosocereus gounellei*) e o Mandacaru (*Cereus jamacaru*) apresentam valores significativamente maiores, com percentuais de 2,50 e 3,00% respectivamente.

As Pitayas, estudadas por Aquino Bolaños et al. (2012) apresentaram tores de acidez tituláveis de 0,032 a 0,074%, estando dentro dos intervalos de valores de acidez encontrados para a Palma forrageira e Palma de espinho aqui estudadas. De acordo com Aroucha et al. (2010), a acidez além de ser importante para determinar a doçura das frutas, também é um parâmetro relevantes para a agroindústria, servindo como conservantes, na avaliação da qualidade e maturidade das frutas, bem como indicador sensorial e outros aspectos agroindustriais.

Teor de Umidade

Onde para a Palma Forrageira o peso inicial da umidade é de 5,480, o peso final da umidade é 0,262 e o peso inicial das cinzas de 0,356. Já para a Palma de Espinho o peso inicial da umidade é de 6,058, e o peso final da umidade é 0,360 e o peso inicial das cinzas é 0,356. Depois do cálculo foi obtido o resultado para o fruto da Palma forrageira de 7,44% e para o fruto da Palma de Espinho 5,15%.

Logo após os dados obtidos foram inseridos na equação 3 para descobrir a porcentagem de cinza na amostra. De modo que para a Palma Forrageira N. será 0,003 e P 7,44%, e para a Palma de Espinho o N será 0,038 e o P. 5,15%.

O teor de umidade não diferira entre as espécies de modo que a Palma forrageira e Palma de espinho tiverem teores de umidade de 95,22 e 94,06%, respectivamente (Tabela 1). Estudos desta natureza para outros gêneros de Cactaceae foram realizados por Bahia et al. (2010) que registrou valores que se aproximam dos encontrados neste estudo, onde obteve teor de umidade de 83,29%, para o mandacaru. E o estudo de Barbosa et al. (1998), destacando umidade de 86,57% para o xique-xique.

Terán et al. (2015) obteve valores aproximados de 88,624, na casca de frutos de *Opuntia ficus indica*, no entanto para a polpa da mesma espécie o teor de umidade foi relativamente baixo,

compreendendo 0,166%. A maioria dos estudos com Cactaceae revelam valores acima de 80% de umidade. A destacar o estudo de Silva (2005), que obteve umidade de 88,69% na polpa e 89,67% no pericarpo de *Tacinga inamoena*. Para a espécie *O. ficus-indica*, Coelho et al. (2004) registrou umidade de 87,27%, Sepúlveda e Sáenz (1990), relatou 83,77%, Sawaya et al. (1983), reportaram teor de umidade 85,60%, Bicalho e Penteado (1982), destacaram umidade de 84,83%, Canuto et al. (2007) registrou teor de umidade de 87,8%, e Oliveira Junqueira e Mascarenhas (2011) também registraram valor de umidade de 80,45%. Em espécies de Pitayas, Aquino Bolanos et al. (2012), constataram valores de umidade entre 81,77 a 85,29% para sete variedades de Pitayas.

Analisando a literatura citada e os resultados encontrados para a Palma forrageira e a palma de espinho, nota-se que estas espécies apresentaram valores de teor de umidade superiores aos estudos realizados com a palma forrageira (*O. ficus indica*) e outras espécies de Cactaceae.

Cinzas

As porcentagens de cinzas analisadas foram 0,040% de cinzas para o fruto da Palma Forrageira e 0,74% para o da Palma de Espinho (Tabela 1). Notando-se melhores percentuais de cinzas para a palma de espinho. Estes valores são relativamente inferiores aos registrados por Barbosa (1998) para as espécies de Xique-xique com 1,98% de cinzas, a palma com 2,16% a coroa de frade com 2,18%, e 3,07% para o facheiro. Bahia et al. (2010) mensuraram 0,4814% de cinzas para o Mandacaru.

Terán et al. (2015), também registraram valores mais elevados de Cinzas para a espécie *O. ficus-indica*, revelando teor de cinzas de 1,815%. Já para o Quipá (*Tacinga inamoena*), Souza (2005) registrou teores de cinzas de 0,57%, se aproximando do registrado aqui para a palma de espinho (*Opuntia dillenii*). Outros estudos também relatam valores de cinzas menos significativos comparados aos de Barbosa (1998), para a palma (*Opuntia ficus-indica*), onde Manica (2002), encontrou percentual de 0,40%, Sepúlveda e Saénz (2000), Sawaya et al. (1983), e Canuto et al. (2007) com valores de cinza de 0,44%, bem como Bicalho e Penteado (1982), que registrou valores de cinza de 0,36%.

Aquino e Bolaños (2012), estudando sete variedades de Pitayas mencionaram valores de cinza entre 0,48 e 0,56%. Estes valores também se aproximam aos mencionados aqui para a palma de espinho. De maneira geral, os valores mais superiores quanto ao parâmetro de cinzas, aos registrados para este estudo foram os de Barbosa (1998) e os de Terán et al. (2015).

Conclusão

De acordo com os resultados das análise físico-química dos frutos da Palma forrageira (*O. ficus-indica*) e Palma de espinho (*O. dillenii*) pôde se concluir que quanto aos parâmetros de pH, Sólidos Solúveis (°Brix), Acidez potencial, Teor de Umidade e Cinzas, as espécies apresentaram valores semelhantes, diferenciando-se mais com relações aos valores de acidez potencial e Cinzas, onde a Palma de espinho revelou valores mais superiores que a palma forrageira.

A comparação dos resultados obtidos com a literatura citada, mostra que as espécies apresentaram valores significativamente mais altos para a umidade total, os demais parâmetros variam de semelhante a aproximados, sendo, portanto, possíveis elementos potenciais para serem trabalhados na gastronomia local e regional agregando valor e possivelmente aumento de renda para as famílias do Seridó paraibano.

Referências

- AROUCHA, E. M.; GOIS, V. A.; LEITE, R. H. L.; SANTOS, M. C. A.; SOUZA, M. S. Acidez em frutas e hortaliças. Revista Verde, v.5, n.2, p.01-04, 2010.
- AGRA, M. F. Plantas da medicina popular dos Cariris Velhos, Paraíba, Brasil. Editora União, João Pessoa, p. 125, 1996.
- AGUIAR, J.; LACHER, T.; SILVA, J. M. C. The Caatinga. In: GIL, P. R. Wilderness –Earth's Last Wild Places. CEMEX, Cidade do México. p.174-181, 2002.
- ANDRADE, C. T. S.; MARQUES, J. G. W.; ZAPPI, D. C. Utilização de cactáceas por sertanejos baianos. Sitientibus. Série Ciências Biológicas, v.6, p.3-12, 2006.
- AQUINO BOLAÑOS, E. N.; CHAVARRÍA MOCTEZUMA, Y.; CHÁVEZ SERVIA, J. L.; GUZMÁN GERÓNIMO, R. I.; SILVA HERNÁNDEZ, E. R.; VERDALET GUZMÁN, I. Caracterización físicoquímica de siete variedades de tuna (*Opuntia* spp.) color rojo-violeta y estabilidad del pigmento de las variedades con mayor concentración. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, v.55, p.3-10, 2012.

- BARBOSA, A. S.; ARAÚJO, A. P.; CANUTO, T. M.; DIAS, S. L.; CAVALCANTI, M. B. A.; FRANÇA, V. C. Caracterização físico-química do xique-xique encontrado no semiárido nordestino. Universidade Estadual da Paraíba, UEPB, 1998.
- BARBOSA, H. P. Tabela de composição de alimentos do Estado da Paraíba: setor agropecuário. 2. ed. João Pessoa: UFPB, 1998. 221p.
- BICALHO, U. O.; PENTEADO, M. V. C. Estudo do fruto e do articulo de *opuntia ficus-indica* (L) Miller cultivada em Valinhos-SP: Características bioquímicas. Rev. Farm, Bioquim, v.18, n.1, p.68-74, 19982.
- CÂNDIDO FILHO, A.; PEREIRA, F. C.; LIMA, A. K. V. O. Base alimentar humana com o uso da palma forrageira: o estudo da arte, p.9, 2014. Disponível em: http://www.uniara.com.br/legado/nupedor/nupedor_2014/Arquivos/03/6_Amy%20Lima.pdf. Acesso em: 09.05.2018.
- CANUTO, T. M.; PIREZ, V. C. F.; ARAÚJO, N. P.; BARBOSA, A. S.; BARBOSA, A. S. Avaliação da composição físico-química da polpa do fruto da palma, In: Congresso Norte-Nordeste de Química, 2007. Anais...p.2, 2007.
- CARRASCO R. R.; ZELADA, C. R. E. Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. Revista de La Sociedad de Química del Perú, v.74, n.2, p.108-124, 2008.
- COELHO, R. R. P.; FERREIRA-NETO, C. J.; FIGUEREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Caracterização físicas e físico-químicas do fruto de da palma cultivado na região do Curimataú Paraibano. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 20, 2004, Recife. Anais...Recife, 2004. CD-ROM, v.19. p.91, 2004.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, p.785, 2005.
- GARCÍA-GUTIÉRREZ, V. R. G. Evolución de compuestos funcionales durante la maduración de frutos de *Opuntia stricta*. 89f. Proyecto Fin de Carrera (Ingeniero Agrónomo en la especialidad de Industrias Agrarias y Alimentarias). Universidad Politécnica de Cartagena-Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, 2008.
- DINIZ, I. A. Culinária: Tudo com o broto da palma. Areia, PB: Yellow's Artes. 2009. 51p.
- FREITAS, M. do C. S. de; PENA, P. G. L. Segurança Alimentar e nutricional: a produção do conhecimento com ênfase nos aspectos da cultura. Rev. Nutr., v.20, n.1, p.69-81, 2007.
- GUEDES, C. C. Culinária com broto de palma. João Pessoa: Universitária, p.53, 2002.
- GUEDES, C. C. Festival gastronômico da palma. Gurjão, PB: SEBRAE/PB, p.1, 2004.
- GUEDES, C. C.; OLIVEIRA, J. S.; FERNANDES, M. F.; OLIVEIRA, R.; DEIRO, T. C. B. J.; SOUSA, V. Broto de palma, sabor e nutrição. Sebrae/PE – Faepe. Recife, 2004.
- HUNT, D. R.; TAYLOR, N. P.; CHARLES, G. The New Cactus Lexicon. Text. dh Publications, Milborne Port, p.207, 2006.
- IAL. Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4ª ed. 1ª Edição digital. São Paulo, p.1004, 2004.
- KUTI, J. O. Antioxidant compounds from four *Opuntia* cactus pear fruit varieties. Food Chemistry, v.85, p.527-533, 2004.
- LIMA, A. K. O. Elaboração de umbuzada formulada com palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*), Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2012.
- LIMA, A. K. V. O.; GOMES, J. P.; SILVA, F. L. H.; SANTANA, M. F. S.; PEREIRA, F. C. Caracterização físico-química de umbuzadas formuladas com palma forrageira. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v.14, n.4, p.397-405, 2012.
- LIMA, C. A.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; COHEN, K. O.; GUIMARÃES, T. G. Características físico-químicas, polifenóis e flavonoides amarelos em frutos de espécies de Pitaias comerciais e nativas do cerrado1. Rev. Bras. Frutic., v.35, n.2, p.565-570, 2013.
- LIMA, C. A.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BELLONS, G. Avaliação de características físico-químicas de frutos de duas espécies de pitaya. Rev. Ceres, v.61, n.3, p.377-383, 2014.
- LIMA, E. E.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, R. M. F.; SILVA, A. S. Estudo das polpas do facheiro em função da parte do ramo. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 20, 2005, Canoas. Anais...Canoas, SBEA-CD-ROM, p.34, 2005.
- MACLEAN, D. D.; MURR, D. P.; DELI, J. R. A modified total oxyradical scavenging capacity assay for antioxidants in plant tissues. Postharvest Biology and Technology, v.29, n.2, p.183-194, 2003.
- MALVEZZI, R. Semiárido - Uma visão holística – Brasília: Confea, p.140, 2007.

- MMA. Ministério do Meio Ambiente. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da caatinga. Universidade Federal de Pernambuco/Fundação de Apoio ao desenvolvimento/Conservation International do Brasil, Fundação Biodiversitas, EMBRAPA/SEMI-ÁRIDO. MMA/SBF, Brasília. 2002.
- MANICA, I. Frutas nativas e exóticas 2: técnica de produção e mercado de feijão, figo-da-índia, fruta-pão, jaca, lichia, mangaba. Porto Alegre, Brasil, p.141-245, 2002.
- NICOLETTI, A. M. Enriquecimento nutricional de macarrão com uso de subprodutos agroindustriais de baixo custo. 77f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. UFSM, 2007.
- OLIVEIRA, E. A.; JUNQUEIRA, S. F.; MASCARENHAS, R. J. Caracterização físico-química e nutricional do fruto da palma (*Opuntia ficus indica* L. Mill) cultivada no Sertão do sub-médio São Francisco. Holos, v. 3, p.113-119, 2011.
- OLIVEIRA, V. C. de; SANTOS, S. A. dos; ALMEIDA, L. dos S; COSTA, R. V. S da. In: Segurança alimentar em uma comunidade do interior da Paraíba. Congresso Brasileiro de Agroecologia, 7, 2011, Fortaleza. Anais...Fortaleza/CE, 2011.
- OLIVEIRA, F. M. N.; ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIREDO, R. D.; QUEIROZ, A. D. M.; OLIVEIRA, A. R. Características físico-químicas da polpa e casca do fruto do Mandacaru. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 19, 2004, Recife. Anais...Recife-PE, 2004. CD-ROM.
- PRADO, S. D.; GUGELMIN, S. Â.; MATTOS, R. A.; SILVA, J. K.; OLIVARES, P. S. G. pesquisa sobre segurança alimentar e nutricional no Brasil de 2000 a 2005: tendências e desafios. Ciência & Saúde Coletiva, v.15, n.1, p.7-18, 2010.
- PRIOR, R. L.; G. CAO, A.; MARTIN, E.; SOFIC, J. MCEWEN. O'BRIEN, C.; LISCHNER, N.; EHLENFELDT, M.; KALT, W.; KREWER, G.; MAINLAND, C. M. Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity and variety of *Vaccinium* species. J. Agric. Food Chem., v.46, p.2686-2693, 1998.
- SAMPAIO, E. V. S. B. Overview of the Brazilian caatinga. In: BULLOCK, S.; MOONEY, H. A.; MEDINA, E. (eds.). Seasonally dry tropical forests. Cambridge University Press, Cambridge, p.32-63, 1995.
- SEPÚLVEDA, E.; SÁENZ, C. Características químicas y físicas de pulpa de tuna (*Opuntia ficus-indica* L.). Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos, v.30, n.4, p.551-555, 1990.
- SILVA, L. R.; ALVES, R. E. Caracterização físico-química de frutos de Mandacaru. Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient., v.7, n.2, p.199-205, 2009.
- SILVA, J. G. M.; SILVA, D. S.; FERREIRA, M. DE A.; LIMA, G. F. DA C. L.; MELO, A. A. S.; DINIZ, M. C. N. M. Xiquexique (*Pilosocereus gounellei*) (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl.) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) na alimentação de vacas leiteiras. Revista Brasileira Zootec., v.34, n.4, p.1408-1417, 2005.
- SOUZA, V. C.; LORENZI, H. Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, p.639, 2005.
- SOUZA, A. C. M. Característica físico-química, químicas e nutricionais de Quipá (*Tacinga inamoena*). 40f. Dissertação (Mestrado em Nutrição). Universidade Federal de Pernambuco. Recife-PE, 2005.
- STINTZING, F. C.; SCHIEBER, A.; CARLE, R. Evaluation of colour properties and chemical quality parameters of cactus juices. European Food Research and Technology, v.216, p.303- 311, 2003.
- STINTZING, F. C.; HERBACH, K. M.; MOSSHAMMER, M. R.; CARLE, R.; YI, W.; SELLAPPAN, S.; AKOH, C. C.; BUNCH, R.; FELKER, P. Color, Betalain Pattern, and Antioxidant Properties of Cactus Pear (*Opuntia* spp.) Clones. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v.53, p.442-451, 2005.
- SAWA, W. N.; KHAN, P. Chemical chacterization of prickly pear seedoil, *Opuntia ficus- indica*. J. Food Sci., v.47, p.206-261, 1982.
- TAYLOR, N. P.; ZAPPI, D. C. Cacti of Eastern Brazil. Royal Botanic Gardens, Kew, p.499, 2004.
- TERÁN, Y.; NAVAS, D.; PETIT, D.; GARRIDO, E.; D'ALBETERRE, R. Análisis de las características físico-químicas del fruto de *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, cosechados en Lara, Venezuela. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, v.16, n.1, p.69-74, 2015.

MANGA MARANHÃO (*Mangifera indica*): UMA MANGA SOLIDÁRIA**¹Frederico Campos Pereira****²Jairo Janailton Alves dos Santos****³Mislene Rosa Dantas**¹ Engenheiro Agrônomo, Professor IFPB, fredcampos2000@yahoo.com.br² Mestrando Tecnologia Agroalimentar PPGTA/UFPB, jjasnp@hotmail.com³ Especialista em Gestão dos Recursos Ambientais do Semiárido IFPB, mislenedantas@hotmail.com**Introdução**

É chegada a época do final do mês de outubro e em pleno Seridó paraibano as ruas de algumas cidades, de repente se veem invadidas por dezenas de carros “de passeio” e de carroceria parando de porta em porta e oferecendo aos habitantes um produto único: a manga “Maranhão” (*Mangifera indica*).

No período de safra (Final de outubro a janeiro), a feira livre de Picuí oferta o fruto, que está presente em praticamente em todos os bancos, tendo como fornecedor principal os produtores de manga do município de Frei Martinho. Duas regiões destacam-se na produção dessa fruta, são elas: “Sacramento” e “Várzea Verde”, as quais inúmeras propriedades batizam-se com esses nomes, como que fosse uma certificação para a manga ser boa e doce.

Que bem poderia ser chamada de manga Seridó por ser de fato uma espécie regionalmente diferenciada e que possui características próprias prontamente identificáveis pelos moradores dessa região que costumeiramente a degustam dando a ela a prioridade frente à outras frutas sazonais locais ou mesmo “importadas” de outros lugares.

Uma característica marcante de fruta é que seu cheiro chega primeiro. Antes mesmo de o comprador enxergar o carro dos vendedores, no fim da rua, já se sabe que o produto oferecido é a manga Maranhão devido ao cheiro característico que atrai e se destaca. É como um carro de incenso perfumando nas modorrentas tardes seridoenses.

Diversas frutas possuem odores muito marcantes, como a manga, a banana, a goiaba, o melão, o abacaxi e o morango. O odor dessas frutas se deve à presença de ésteres voláteis, mas não queremos aqui ser frios citando o Butanoato de etila, como o éster propagador desse cheiro, é preferível se deleitar com este olor e esperar o carro vir até a nossa porta.

Não bastasse o cheiro, sua cor amarelo-ouro também é outro atrativo para os olhares mais improváveis. Acho que foi ao ver uma manga maranhão que surgiu a expressão “comer com os olhos”. Sabemos bem que não foi, mas poderia ter sido devido seu brilho característico e incandescente que de longe “dá gosto” de se ver. A pessoa não tem mais dúvidas... Com esta cor e este cheiro só pode ser manga Maranhão que estão vendendo nas redondezas.



Figura 1. Frutos maduros de manga Maranhão, com sua cor característica “amarelo ouro”.

Características do fruto

A exploração da variedade de manga Maranhão no Semiárido paraibano segue viés agroecológicos, servindo de importante referencial socioeconômico, como fonte empregatícia, direta e indireta, e promotora de renda sazonal a agricultores familiares, que a desenvolvem de forma extensiva, em áreas esparsas, em quintais e nos aluviões dos rios locais. Entretanto, inexistem informações descritivas na literatura sobre aspectos biométricos das plantas, produção, características físicas e químicas dos frutos dessa variedade de manga, o que instiga pesquisadores se deterem no conhecimento desta que é uma das principais fontes de renda para pequenos agricultores familiares do Seridó Paraibano (LIMA et al., 2014).

A manga Maranhão apresenta, segundo Lima et al. (2014), um rendimento de polpa que oscilou de 65 a 80,4%, com média de 75,5%, que é um percentual importantíssimo para ser aproveitada na agroindústria.

Quanto ao teor de sólidos solúveis (°Brix), a manga Maranhão apresentou resultados na amplitude de 13,7 a 18,3; o que a qualifica como de boa aceitação no mercado local. Esses resultados são próximos aos 19,3°Brix apresentados por Faraoni et al. (2009) e semelhantes aos observados em mangas Ubá por Brandão et al. (2003) 16° Brix, Vidal et al. (2006) 16° Brix e Rufini et al. (2011) 14,2° Brix, ou seja, não fica a dever em nada quando comparada à outras espécies.

O pH da polpa da manga Maranhão, nas comunidades paraibanas avaliadas, oscilou de 4,25 a 4,52, condicionando esta variedade como dentro dos padrões máximos para esse atributo químico expresso no Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Polpa de Manga (BRASIL, 2000).

Por ser um fruto climatérico, sua colheita pode ser realizada ainda “de vez”, ou seja, ainda em estágio de maturação incompleta (Figura 2). Quando colhido nesta fase, esses frutos são acomodados de forma que possa haver o contato com outros frutos em fase de maturação mais adiantado, onde a troca de hormônios (Etileno) entre elas adianta o seu ponto de consumo.

Alguns agricultores não sabendo a explicação acadêmica para tal fato, eles acondicionam estes frutos em locais escuros dentro da caixa de transporte, cobertos por sacos ou panos para auxiliar na maturação dos frutos, assim vão “adiantando” de forma inconsciente o ponto de maturação da fruta. Além disso, o que define o ponto de colheita da manga (de vez ou madura por completo) é a proximidade do mercado e a demanda pelo produto, ou seja, a proximidade do dia da feira ou a disposição de colocá-las em um porta-malas de um automóvel e ir à luta nas ruas das cidades Seridoenses.

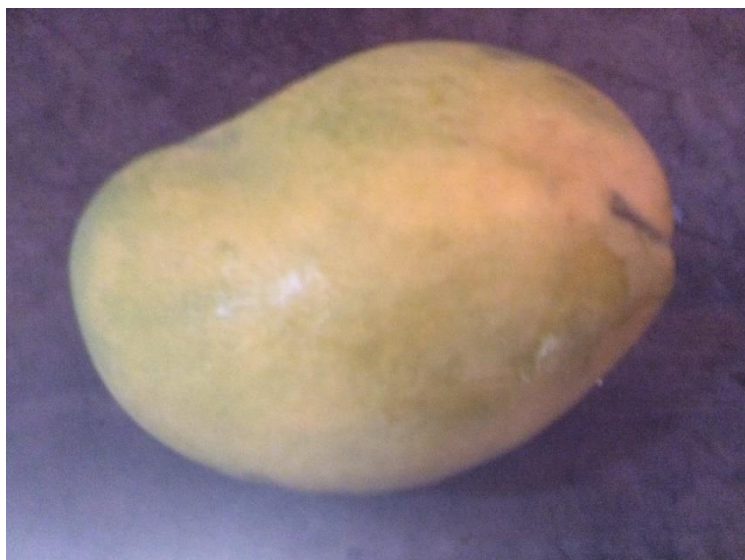


Figura 2. Manga Maranhão “de vez” em estágio de pré-maturação.

Produção e Comercialização

A comercialização da manga Maranhão se intensificou há 15 anos, entretanto, os produtores asseguram que a produção corresponde à metade de antes, em face de problemas de natureza climática e fitossanitária. A atividade é realizada de forma extensiva, em áreas esparsas, quintais e aluviões dos rios locais, com poucos tratos culturais. No ano de 2012, a quantidade produzida foi de 30 toneladas de uma área colhida de cinco hectares, ou seja, 6.000 quilogramas/hectare (IBGE, 2012).

O município de Frei Martinho, localizado na mesorregião da Borborema, microrregião do Seridó Oriental paraibano, é um dos grandes produtores locais de manga, sendo cultivadas apenas as variedades “Espada” e “Maranhão”. Segundo Lima et al. (2014), a mangicultura nessa região é de grande importância socioeconômica, pois é uma fonte empregatícia, gera renda direta e indireta, e promotora de renda sazonal aos agricultores familiares.

O produto, de cheiro inebriante e detentor de características já relatadas anteriormente, é ainda mais aceito pelo consumidor quando chegam ao comércio com seus preços bem em conta, o que coincide com o pico da safra. A comercialização abrange o mercado local, do Brejo Paraibano, Picuí, Barra de Santa Rosa, Cuité e municípios adjacentes no Rio Grande do Norte.

A principal forma de comercialização é a partir da venda para atravessadores que revendem no mercado livre (feiras livres), onde o milheiro da fruta oscilam entre R\$ 100,00 a R\$ 350,00. Os preços por unidade nas feiras livres da região de Picuí e cidades circunvizinhas giram entre R\$ 0,50 (Cinquenta centavos de real) a R\$ 2,00 (Dois reais), dependendo de fatores como tamanho do fruto, coloração e número de frutos comprados.



Figuras 3 e 4. Venda da manga na feira livre de Picuí, juntamente com outras frutas.

Porém a forma mais comum de comercialização é a partir da venda direta entre o agricultor e o consumidor no comércio ambulante de “porta a porta”, onde o produtor coloca o produto (fruto) em

caixas de madeira ou em contentores plásticos, ou mesmo dentro de um porta-malas de um carro e sai vendendo aos vizinhos. Em alguns casos, estes frutos são transportados até o consumidor apenas em carros de mão cobertos por sacos.



Figuras 5 e 6. Comercialização da manga Maranhão porta a porta.

São poucas semanas de comercialização, que vai de final de outubro/início de novembro até meados de janeiro, não mais que 10 a 11 semanas tem a duração da safra desta fruta tão apreciada pelos Seridoenses, e seu preço flutua de acordo com a lei da oferta e da procura. Inicialmente a unidade chega a quase dois reais, aos poucos vai caindo e chega a ser comercializada até a cinquenta centavos de real, quando ela “bamburra” na feira livre na semana “que todo mundo tem”, o que corrobora com a curva da dita lei.

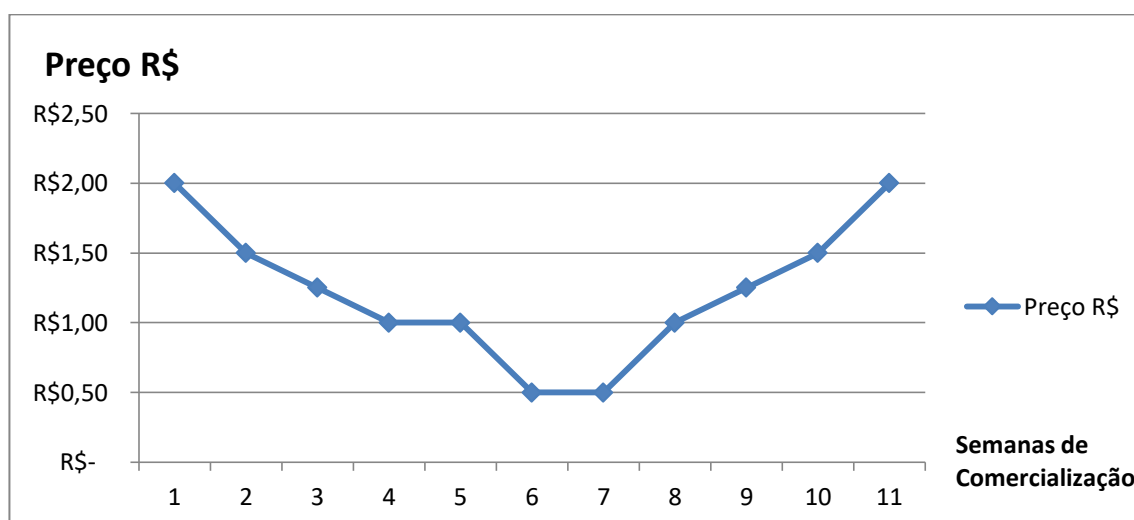


Figura 7. Variação dos preços de comercialização da manga Maranhão na feira livre de Picuí – PB safra 2014/2015.

No período de safra, a fruta é muito comum na região sendo exposta inclusive na tradicional feira de negócios que acontece anualmente em Picuí, dentro da programação do Festival da Carne de Sol daquele município, onde fica em exposição os principais produtos da agricultura local e as atividades artísticas das escolas públicas e outras entidades de importância regional.



Figura 8. Agricultora expando seus produtos, dentre eles a manga Maranhão, na Feira de Negócios, promovida pelo SEBRAE, no Festival da Carne de Sol de Picuí.

Aspectos Econômicos e Solidários

Considera-se a manga Maranhão uma fruta solidária devido à concepção da economia, visto que, trata-se de uma fruta que é acessível a todos os consumidores, sem distinção de classe social. A região de Picuí é rica em sítios que possuem alta capacidade de produzir e desenvolver a fruticultura, alguns deles produzem alto índice de frutos na época de safra. Minimizar a presença do atravessador é um fator de grande importância para garantir uma maior renda para o produtor familiar dessa fruta.

O consumo da manga em nossa região costuma-se ser apenas *in natura*, muitas vezes isto acarreta em desperdício. Nesse aspecto, a implantação de cooperativas que investisse no beneficiamento e processamento da manga na zona rural seria de fundamental relevância, para proporcionar melhorias no desenvolvimento local e comunitário, fortalecendo as relações sociais, englobando também a sustentabilidade.

Mesmo conhecendo os princípios do que se chama de “Comércio Justo” e Solidário, e entendendo o apelo de inserir-se dentro do contexto econômico local, regional e até mesmo mundial, com a diminuição das injustiças e desequilíbrios, a manga Maranhão nem sequer tangencia esses preceitos devido ao grau de informalidade dos produtores e comerciantes envolvidos no processo desde o plantio até a comercialização.

Não há programa ou projeto que oficializem ou delimitem uma organização, por mínima que seja, na cadeia produtiva e nos modos de produção e comercialização deste produto. Tudo acontece de modo informal. Todos apenas torcem para que chova o suficiente para a mangueira “segurar” a florada, e na sequência o aparecimento dos frutos suspensos em finos pedúnculos que desafiam a Lei da Gravidade ao sustentar tão robusto fruto. É essa fé que rege a inclusão solidária do agricultor familiar a ter um pequeno aporte de sua renda a partir da venda desse fruto.

Contudo há grandes potenciais neste em outros produtos com capacidade de produção e organização. Isso justificaria um esforço estratégico de entidades que pudessem de fato organizar cadeias e prospectar mercados nacionais e internacionais com oportunidades concretas, tanto do lado da demanda existente e potencial, quanto no lado da produção dinamizando e implementando técnicas e procedimentos agroecológicos de produção e pós-colheita, bem como meios organizacionais de comercialização.

Por essa razão, conhecendo a importância includente da manga Maranhão é que se faz necessário a fomentação de políticas públicas, que objetive beneficiar as pessoas e orientar os pequenos agricultores na interligação de ideias, como também em técnicas de manejo correto e sustentável nas propriedades.

Considerações Finais

Fica a reflexão de que a manga Maranhão é um importante elo para a economia regional, pois se trata de uma cultura que pode agregar valor ao agricultor familiar do Semiárido Brasileiro (SAB), possuindo um real potencial produtivo. Porém, olhares diferenciados e focados em um desenvolvimento das práticas agrícolas e de comercialização demonstra ser fundamental para o aumento da participação

dessa frutífera no mercado em escalas horizontais e até mesmo verticais, se pensarmos nela como matéria prima para a agroindústria. É preciso a implantação das políticas públicas para integrar e atender as prioridades do desenvolvimento agrícola e no aumento da produtividade da manga Maranhão.

Referências

- BRANDÃO, M. C. C.; MAIA, G. A.; LIMA, D. P.; PARENTE, J. S.; CAMPELLO, C. C.; NASSU, R. T.; FEITOSA, T.; SOUSA, P. H. M. Análise físico-química, microbiológica e sensorial de frutos de manga submetidos à desidratação osmótico-solar. *Revista Brasileira Fruticultura*, v.25, n.1, p.38-41, 2003.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Leis, Decretos. Instrução Normativa Nº 1, de 7 de janeiro de 2000. Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de frutas. *Diário Oficial da União*, nº 6, Brasília, 10 de janeiro de 2000. Seção 1, p.54-58.
- FARAONI, A. S.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C. Caracterização da manga orgânica cultivar Ubá. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v.11, n.1, p.9-14, 2009.
- LIMA, I. C. D.de S.; FREIRE, J. L. de O.; FREIRE, A. L de O.; MACEDO, L. P. de M.; TORRES, E. C. de M. Biometria das plantas e atributos qualitativos da manga maranhão no Seridó paraibano. *Revista SODEBRAS*, v.9, n.99, p.9-14, 2014.
- RUFINI, J. C. M.; GALVÃO, E. R.; PREZOTTI, L.; SILVA, M. B.; PARRELA, R. A. C. Caracterização biométrica e físico-química dos frutos de acessos de manga “Ubá”. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.33, n.2, p.456-464, 2011.
- VIDAL, J. R. M.; SIERAKOWSKI, M. R.; HAMINIUK, C. W. I.; MASSON, M. L.B Rheological properties of centrifuged mango (*Mangifera indica* L. cv. Keitt) pulp. *Ciência Agrotecnológica*, v.30, n.5, p.955-960, 2006.

**PRÁTICAS E CAMINHOS PARA O AVANÇO DE UMA CONSTRUÇÃO AGROECOLÓGICA E
VALORIZAÇÃO DO SEMIÁRIDO: INTERAÇÃO DE HISTÓRIAS PARA A GERAÇÃO DE
CONHECIMENTO**

¹Frederico Campos Pereira

²Cícero Silva Dias

³Emanoel da Costa Alves

⁴Francisco Roberto de Sousa Marques

⁵Gislaine dos Santos Nascimento

⁶Giuliane Karen de Araújo Silva

⁷Ivanice da Silva Santos

⁸José Gomes Barreto Neto

⁹Liliane Sabino dos Santos

¹⁰Maria Alaine da Cunha Lima

¹¹Maria Rosseline Santos Silva

¹²Marília Fernanda dos Santos

¹³Rafael Wylles da Silva Araújo

¹Coordenador do NEA, IFPB, Picuí-PB, fredcampos2000@yahoo.com.br

^{2 a 13}Membros do NEA, IFPB, Picuí-PB

Introdução

A microrregião do Seridó Oriental paraibano está inserida na mesorregião da Borborema, abrangendo nove municípios: Baraúna, Cubati, Frei Martinho, Juazeirinho, Nova Palmeira, Pedra Lavrada, Picuí, Seridó e Tenório (FAMUP, 2017). Dos municípios supracitados, segundo o IBGE (2010), o município de Picuí apresenta a maior população 18.222 habitantes.

Na década de 80, o algodão (*Gossypium hirsutum* L.) foi bastante cultivado na região, entretanto, as secas prolongadas, o manejo inadequado e chegada do bicudo-do-algodoeiro *Anthonomus grandis* Boheman 1843, contribuíram para o declínio da cultura na região (BELTRÃO, 2003).

Atualmente, a exploração de minério nos municípios de Pedra Lavrada e Picuí, bem como a retirada da caatinga para utilização nos fornos das olarias no município de Picuí, são as principais atividades geradoras de impacto ambiental. Os períodos de estiagem associados aos fatores antrópicos têm contribuído para o aumento da degradação ambiental na região, sendo importante dessa forma, o incremento de práticas conservacionistas que garantam a devida convivência com o semiárido e o agricultor possa produzir de forma eficiente mesmo em épocas de reduzida precipitação.

Diante disso, o Núcleo de Estudos em Agroecologia (NEA) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), *campus* Picuí tem por objetivo contribuir com o desenvolvimento e a valorização do Semiárido através de práticas e ações inovadoras que quebrem paradigmas e pré-conceitos em relação a biodiversidade da Caatinga.

História do NEA Picuí: do início até hoje

O Núcleo de Estudos em Agroecologia do IFPB já existe há sete anos e foi fundado, através de carta convite do MAPA em 2010. Em seu projeto inicial desenvolveu atividades de caráter interdisciplinar e multidisciplinar atuando junto a estudantes, professores e professoras do curso superior de Tecnologia em Agroecologia, com os extensionistas e agentes de ATER (Assistência Técnica e Extensão Rural) das instituições governamentais e não governamentais, bem como com os (as) agricultores e agricultoras, da zona rural do município de Picuí-PB.

A primeira fase do NEA teve ações prioritariamente com enfoques sociais presentes na temática agroecológica. Desde sua institucionalização, na etapa inicial necessitava-se de dotar os alunos de um embasamento sobre a teoria da Agroecologia e da produção orgânica, tendo a sim os alunos envolvidos na época, pela leitura dos principais autores dessa temática com imersão na literatura. Foi uma época marcada por conceitos e apropriação de ideias e visões sobre o modelo agroecológico de produção.

Na segunda fase após a aprovação do projeto no Edital regido pelo CNPq, Chamada MCTI/MEC/MAPA/CNPq Nº 46/2012, mas financiado por diversos órgãos governamentais que também colaboraram, o núcleo passou a trabalhar diretamente com a prática, onde desenvolveu-se práticas agroecológicas com foco na produção orgânica e nas evidências da problemática local, priorizando quatro eixos, no que tange a Compostagem Orgânica; Forragicultura através do cultivo agroecológico e orgânico da Palma Forrageira (*Opuntia ficus-indica*), valorizando seu sistema de cultivo; Produção orgânica de Mudas Nativas; e o Combate à Desertificação. Foram essas as problemáticas apontadas durante a construção do projeto, que na sequência foi aprovado. Foi a primeira vez que teve a descentralização dos recursos, tendo o coordenador a oportunidade de gerir esses recursos conforme o projeto ia se desenvolvendo.

Essa segunda fase foi marcada por destaques regionais, nacionais e até internacionais, conquistado pelo empenho e pró-atividade desse Núcleo que arrebatou prêmios como: “Drylands Champions” da UNCCD (ONU – Organização das Nações Unidas) pelo reconhecimento de ações no combate à desertificação; Foi selecionado pela Fundação Banco do Brasil para representar a Agroecologia na EXPOMILÃO destacando suas ações no combate a insegurança alimentar através do projeto “Sabores da Caatinga” que também foi destaque no III Fórum Mundial da Educação Profissional e Tecnológica em Recife-PE; além de firmar parcerias internacionais de intercâmbio com a Oklahoma State University (OSU) para desenvolver um curso de Sociologia Ambiental entre as instituições. Localmente atuou no âmbito da pesquisa, ensino e extensão, promovendo cursos de capacitação (de até 80 horas), oficinas práticas, dias de campo, implantação de áreas modelos de Recuperação de Áreas Degradadas (RAD), valorização das espécies locais, especialmente as cactáceas capacitando Projetos de Assentamento da Reforma Agrária, Comunidades Rurais, Comunidades Quilombolas e comunidades que vivem em áreas degradadas como a do lixão de Picuí.

Paralelo a isso o NEA também se vinculou ao Programa de Valorização das Ciências Agrárias (PDVAGRO) do Instituto Federal de Pernambuco e ao Projeto RENDA, o qual possibilitou uma formação e ampliação dos contatos na área de Agroecologia, além de dar início a uma vasta produção acadêmica, que foi apresentada através de Artigos Científicos, e Relatos de Experiência em diversos Congressos, Simpósios, Colóquios, Seminários e Encontros, sendo eles regionais, nacionais e até mesmo internacionais. Essa efervescência de produção fez com que o núcleo ampliasse sua rede de colaboração e tendo suas ações merecido o destaque.

Atualmente, concorremos e ganhamos um espaço para a continuidade dos trabalhos através do edital Casa Civil/CNPq Nº 21/2016. Possibilitando mais uma vez ofertar bolsas aos alunos do curso superior em Agroecologia, para que os mesmos se envolvessem com mais afinco aos trabalhos propostos no projeto, bem como também possibilitar a presença de um bolsista Graduado, o que também fortalece nosso segmento.

Foi de extrema importância ter dado continuidade a essas estratégias não só para o curso de Agroecologia existente no IFPB, mas para a Pós-Graduação em Gestão Ambiental e para a sociedade como um todo. As ações foram pautadas e continuadas aplicando-se o Ensino contextualizado e a Pedagogia da Alternância, a Pesquisa participativa e a Pesquisa-ação, os Projetos de Extensão descentralizados. Iremos ofertar cursos FIC de 160 horas (Horticultor Orgânico) trabalhando a formação de agricultores e agricultoras, mantendo sempre Articulação em Rede, e Sistematização e socialização de experiências. Está em curso a elaboração de mais duas fichas Agroecológicas, material de conteúdo técnico resumido, que disponibilizará ao produtor informações sobre tecnologias, insumos e processos direcionados para as atividades práticas relacionadas à produção orgânica sobre a cultura do Umbuzeiro e da Palma forrageira.

Estamos também empenhados em promover campanha anual dos produtos orgânicos, livres de agrotóxicos, objetivando oferecer informações aos consumidores da feira livre de Picuí, sobre onde encontrar os produtos orgânicos e como são produzidos. Já estamos fisicamente com três barracas sistematicamente todos os sábados nessa feira e vendendo e cadastrando produtores que ali queiram comercializar seus produtos orgânicos. Iremos promover dias de campo sobre o processo de transição agroecológica em pequenas propriedades do Semiárido Brasileiro (SAB). Promover Seminário sobre as relações de gênero na agricultura familiar. Os sujeitos desse processo serão os alunos e alunas, professores e professoras do curso superior tecnológico em Agroecologia e do curso técnico de mineração do IFPB Campus Picuí-PB, agentes de Ater das organizações governamentais e não governamentais (ONGs), os agricultores e agricultoras familiares de Picuí-PB e municípios adjacentes.

Por fim, acreditamos que só com esse contato com a sociedade e essa mobilização constante é que nos levará a conscientizar cada dia mais pessoas a acreditar e sentir que o modelo agroecológico é o mais sustentável para a atualidade e ao nosso modo de vida.

Objetiva-se apresentar as diversas ações desenvolvidas pelo NEA/Picuí de forma sistematizada, e relatar os projetos inseridos no núcleo e sua importância acadêmica e social. Cada ação aqui relatada foi escolhida baseando-se na ação efetiva que a mesma apresenta na sociedade e no futuro de jovens estudantes, e da Agroecologia como prática transformadora e libertadora.

Desenvolvimento

Recuperação de áreas degradadas: Um olhar integrado sobre o passivo ambiental do Seridó paraibano

Inúmeros autores afirmam que a Paraíba é o Estado brasileiro que possui maior percentual de áreas com degradação das terras em números percentuais muito graves, afetando sistematicamente parte da sua população, onde residem milhares de pessoas, correspondendo a mais da metade do total da população. Faz-se necessário lembrar aqui que o processo de degradação dos solos, das águas e vegetações antecede a desertificação, ou seja, primeiro vem a ação antrópica sempre levada por fatores econômicos de exploração dos recursos, depois fica o passivo ambiental oriundo dessa exploração. Suas causas são as mais variáveis, a deterioração das propriedades físicas, químicas e (micro e macro) biológicas ou das propriedades econômicas do solo e, por fim, a perda da biodiversidade.

Desenvolver um projeto que abordasse esse tema e que também realizasse ações no sentido de criar modelos eminentemente com recursos locais para mitigar os efeitos e as condições ambientais das Áreas Suscetíveis à Desertificação, associados à pressão exercida sobre os recursos naturais pela ação antrópica, foi de fato uma tarefa inovadora e ao mesmo tempo de difícil execução, devido já estar arraigado na mentalidade do homem seridoense, que a natureza é uma mera fornecedora de recursos, e que eles tendem a ser infinitos, e não é bem assim o que estamos observando. Esse modo de exploração econômica vem contribuindo para a deflagração de processos de desertificação em algumas das microrregiões paraibanas, e o Seridó e o Curimataú não são exceções.

O município de Picuí-PB, que está inserido no Semiárido Brasileiro (SAB), com clima Semiárido, segundo Köppen Bsh, apresenta vegetação típica da Caatinga hiperxerófila arbustiva aberta, geralmente com densidade variável. Autores como Silva (2002), afirmam que a vegetação nativa do município está quase extinta, sendo encontrados isoladamente alguns remanescentes, testemunhos do que foi a cobertura vegetal em épocas pré-colonial. O manejo inadequado, as constantes queimadas, a retirada da lenha, a garimpagem e a pecuária extensiva, agravados pelas mudanças climáticas, foram entre outros, os principais atores da construção social dos riscos ao longo dos anos que sucederam o início da colonização exploratória, resultando na degradação e extermínio da vegetação nativa. Os resultados destas atividades são impactos ambientais alarmantes que refletem a atual situação socioeconômica dos agricultores. De um modo geral, a degradação ambiental no município é grave.

Desde a concepção do projeto pensou-se a exaustão no que poderia ser introduzido biologicamente com vistas a um início de regeneração biológica em áreas severamente degradadas por monocultivo do sisal, algodão em décadas passadas e hoje a de milho e feijão de subsistência, além da exploração mineral de forma artesanal e industrial, bastante presente na paisagem regional, representando as formas mais características do passivo ambiental ali instalado.

Não poderia ser diferente pensar em saídas “importadas” de outras regiões muito provavelmente não ocasionaria o efeito desejado pelas condições edafoclimáticas da região que tem predominantemente Neossolos rasos e uma pluviosidade beirando os 250 mm anuais (média dos últimos 6 anos). Portanto, foi o olhar para essas espécies resistentes às intempéries climáticas, que apontou a diretriz primordial para introduzi-las em nosso projeto, o que de fato se configurou em um tremendo sucesso, onde podemos afirmar que há efetivamente uma formação de biomassa de até 25 toneladas ao final do sexto ano de plantio.

É fundamental a presença das cactáceas como ferramentas no processo de recuperação de degradações antrópicas no Semiárido, para que se possa recompor não só o espaço degradado, mas quebrar paradigmas no que diz respeito a utilização dessas plantas como ferramentas agroecológicas de regeneração de ambientes antropizados e de alternativas de forrageamento para os rebanhos locais.

As respostas fisiológicas dessa espécie observadas ao longo de 1460 Dias Após o Plantio (DAP) demonstrou que elas possuem adaptabilidade às condições edafoclimáticas do bioma Caatinga, e ainda conseguem produzir matéria verde, tornando-se bancos de reserva forrageira estratégica para os períodos mais graves da estiagem no semiárido brasileiro (SAB).

Hoje temos outros projetos agregados a esse, notadamente: O Armazenamento de água *in situ*, que consiste no plantio de cactáceas em áreas degradadas pois as mesmas possuem 90% de sua estrutura composta por água; A alimentação de ruminantes, que nada mais é que utilização de uma máquina de tritar cactáceas, a qual a sua biomassa foi formada nos plantios em áreas degradadas, e a Fábrica de Solos em parceria com a Prefeitura Municipal de Picuí, onde se faz composto orgânico em escala a partir das podas urbanas e dos cocos das lanchonetes que são transportadas para um local amplo e adequado, e logo após são trituradas com maquinário específico e enleiradas até a época de sua inteira decomposição, para na sequência ser peneirada e distribuída a produtores da região.

Recuperar áreas degradadas é o objetivo principal, porém ações integradas visam dar um componente agroecológico a essas ações através de uma visão sistêmica e complexa na medida em que se trabalham todos os conceitos de gestão dos recursos ambientais da produção orgânica e da Agroecologia em regiões semiáridas como a nossa.

Projeto Sabores da Caatinga: Novos olhares/novos paladares

O projeto Sabores da Caatinga nasceu a partir dos resultados obtidos das ações empreendidas em outro projeto, o de recuperação de áreas degradadas. Após o plantio de algumas cactáceas, observou-se que ao longo do tempo surgiam além de biomassa, frutos de mandacaru, facheiro, xique-xique e outros que podiam plenamente ser processados e gerarem receitas ricas em sabores e nutrientes, além de valorizar as espécies de nosso bioma.

Aos poucos o projeto tomou esse direcionamento visando a implantação na alimentação humana, não só da palma forrageira e de seus frutos, mas dos frutos de outras cactáceas. Essa prática já é bem disseminada em alguns estados brasileiros como a Bahia e em países como o México, onde se alimentar das raquetes da palma é uma prática comum e cotidiana. A pesquisadora Anny Kelly Vasconcelos, hoje na Universidade Federal de Sergipe, iniciou os trabalhos juntamente com o Professor Frederico Campos Pereira do IFPB, procurando valorizar através de receitas, espécies que são abundantes na região de Picuí.

No Nordeste brasileiro, a palma é conhecida pelos produtores agrícolas como forragem animal, dessa forma são cultivadas para essa única finalidade e sendo assim, não recebem o devido tratamento e manejo como adubação e irrigação, mesmo assim por suas características fisiológicas se adaptam facilmente ao clima e assim vão sendo cultivadas. Há alguns anos um inseto conhecido como Cochonilha do carmim foi trazido ao Brasil para uso industrial como corante, a partir de um manejo mal planejado e falta de fiscalização o inseto se disseminou pelo Nordeste e acabou com muitas plantações de palma, hoje a cochonilha do carmim é um problema real e preocupante. Dessa maneira, foram desenvolvidas algumas palmas resistentes ao inseto, a palma miúda ou doce, palma baiana e a orelha de elefante.

O projeto Sabores da Caatinga utiliza nas suas receitas a palma miúda ou doce. Quando do preparo das receitas esta é colhida na Fazenda Gavião, ou em propriedades rurais da cidade de Nova Floresta. A raquete deve estar ainda tenra e sem espinhos, sendo digerível mais facilmente pelo ser humano. Para seu preparo, ela é lavada, os espinhos retirados e a raquete cortada em cubinhos. A palma apresenta uma viscosidade que confere um aspecto duvidoso, para sua total remoção pode se utilizar de algumas práticas como: deixá-la de molho no vinagre e/ou refogá-la até que fique bem seca, saindo toda “baba”, após simplesmente é acrescentada nas receitas como: vinagrete, creme de galinha, cachorro quente, lasanha, risoto, macarronada e até salgados. Os seus frutos são base para diversas sobremesas.

Para realização das receitas com os frutos, procede-se da mesma maneira. Após a colheita dos frutos, estes são lavados, faz-se um corte no ápice e outro na base do fruto, depois um corte transversal, dessa maneira a casca é retirada como um todo, facilitando o preparo das polpas que são posteriormente armazenadas para futuras receitas. Com os frutos das cactáceas como palma, mandacaru e gogóia o projeto prepara sucos, mousse, brigadeiro, beijinho e cremes.

O Professor Cassius Ricardo Santana, desenvolveu projeto de extensão com a aluna de Agroecologia Fernanda Borges sobre essa temática em diversas comunidades, entre elas o Projeto de Assentamento da comunidade Padre Assis em Baraúna. Soma-se a isso, a realização de três trabalhos de conclusão de curso (TCC) com o viés da segurança alimentar através da introdução de cactáceas na alimentação humana; 7 trabalhos científicos, sendo 1 publicado em revista científica pela aluna Julineide Gadelha, 1 apresentado na modalidade oral no I Encontro de Extensão Pesquisa e Inovação em Agroecologia (EEPIEA) por Giuliane Karen; 1 apresentado como relato de experiência oralmente no I Congresso Internacional das Ciências Agrárias (COINTER) por Ivanice Santos, sendo o mesmo premiado

em 3º lugar como o melhor na sua modalidade; 3 trabalhos foram submetidos ao Congresso Brasileiro de Agroecologia e 1 apresentado no CONNEPI por Giuliane Karen.

As oficinas são o ponto chave do projeto, pois sendo esta uma ação de extensão, torna-se o momento em que as paredes da academia são ultrapassadas e a sociedade toma conhecimento do que o IFPB está produzindo e das inovações que podem e devem ser adotadas pelos cidadãos, principalmente dentro da agricultura familiar, tendo em vista que o projeto leva um novo olhar para a produção de palma forrageira, das cactáceas e para a segurança alimentar do campo.

Já foram realizadas oficinas no IFPB de Picuí; no Fórum Mundial da Educação Tecnológica em Recife, no IFRN de Ipanguaçu, no IFPE de Vitória de Santo Antão, no IFCE de Limoeiro do Norte, na UFCG de Cuité, além de comunidades rurais como o Quilombo Serra do Abreu, Sítio Mari Preto e Fazenda Gavião. Personalidades públicas e internacionais já puderam provar das delícias da caatinga, como a equipe da Universidade de Oklahoma, EUA e a equipe da Universidade de Firenze, da Itália, representantes do MAPA (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento) o reitor do IFPB professor Nicácio Lopes e Fátima Bezerra, Senadora do Rio Grande do Norte, entre outros.

Durante as oficinas ministradas de forma dinâmica e lúdica os facilitadores propõem aos participantes o Master Chef da Caatinga, onde os participantes da oficina após aprenderem sobre a cultura da palma, seu manejo, utilização na alimentação humana e principalmente depois de provar de receitas deliciosas, devem desenvolver as suas próprias. A dinâmica foi desenvolvida a primeira vez em setembro de 2016 durante a I Semana de Agroecologia no campus do IFCE de Limoeiro do Norte, com alunos da Graduação em Agronomia e da Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos. Constrói-se um clima de competição e divertimento, onde ao final saboreamos, batida (drink) feita com o fruto da palma, macarrão desenvolvido da raquete, macarronada e beijinho (sobremesa) da caatinga.

Além dessa dinâmica também foi implantado durante o II Encontro de Extensão Pesquisa e Inovação em Agroecologia no IFPB, Picuí o Integra Chef, um concurso culinário que possibilitava a integração dos alunos dos cursos técnicos do ensino médio ao evento de nível superior. Os alunos formaram grupos, desenvolveram suas receitas com ingredientes típicos da região, inclusive a palma e seu fruto, e depois submeteram a uma banca de jurados, sendo escolhido o melhor prato. Por tudo isso, pedimos uma salva de “palmas” para os sabores da Caatinga.

Compostagem: Fábrica de solos em área susceptível a desertificação

A compostagem é o processo controlado da decomposição de materiais orgânicos para produzir o húmus, procurando reproduzir o que ocorre na Natureza. É uma técnica conhecida há milênios. Há mais de cinco mil anos, ela já era praticada pelos chineses. Sua atividade consiste em um processo biológico, no qual microrganismos transformam matéria orgânica, tais como: esterco, folhas, papel e restos de comida e no nosso caso restos de podas urbanas e de coco verde, em um composto que pode ser reutilizado como adubo, rico em nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na qual favorece melhorias na manutenção e desenvolvimento do solo.

O processo efetivo de compostagem inicia-se a partir da inserção da temática como sendo um dos pilares do projeto de renovação do NEA – Núcleo de Estudos em Agroecologia do IFPB Campus Picuí, quando concorremos e ganhamos o Edital Nº 26/2012, intitulado: Interação do Núcleo de Estudos em Agroecologia (NEA) com comunidades rurais através de práticas agroecológicas interdisciplinares e participativas, e na oportunidade tinha-se como meta montar uma usina de compostagem em escala, o que foi plenamente cumprido em parceria com a Prefeitura Municipal de Picuí que nos fornecia as podas urbanas e o projeto entrou com a aquisição de uma Máquina Trituradora Orgânica para realizar a tarefa de triturar os galhos que chegavam até o projeto.

Na sequência foi desenvolvida uma pesquisa de TCC – Trabalho de Conclusão de Curso do aluno Elioenai Toscano de Azevedo, intitulado: Avaliação na eficiência de esterco na velocidade de decomposição vegetal oriunda de podas urbanas, isso no ano de 2014. No qual foi a Graduação em Agroecologia do mesmo, tendo como o Orientador o Professor Frederico Campos Pereira. Essa temática gerou também artigo científico como: ARRUDA, W. B. F.; PEREIRA, F. C. que versava sobre: A preparação da compostagem no Semiárido paraibano - Petrolina-PE. Anais da III jornada regional de integração do programa internacional despertando vocações. Vitória de Santo Antão - PE: IFPE, 2016. v.1. p.81-64.

As atividades realizadas com o processo de compostagem vêm tomando mais proporções desde o início, teve uma parada no ano seguinte, mais no ano de 2016 com o processo seletivo 2016.1 foi dado retorno as mesmas. Essas atividades têm como objetivo principal montar uma usina de Compostagem

Orgânica, visando o envolvimento de comunidades rurais em sistemas produtivos que proporcionem uma nova visão sobre modos de produção locais com enfoques agroecológicos e preservacionistas.

Em parceria com a prefeitura do município de Picuí-PB, o IFPB recebe um lixo verde, cujas características principais são podas de árvores das ruas, escolas, creches e demais locais do município. Após essa coleta, estudantes do curso de agroecologia, que estão vinculados ao NEA, dão início ao processo de trituração das podas em máquinas forrageiras. Em seguida, o material triturado será levado para a montagem das leiras/pilhas (montante das podas e esterco, formando camadas, locais em que ocorre o processo de formação dos microrganismos, favorecendo com a decomposição dos resíduos). No qual as podas é um material rico em carbono, mas pobre em nitrogênio, por isso a necessidade de usarmos o esterco, material rico em nitrogênio. Com a intercalação entre camadas de cada, faz com que haja a decomposição mais rápida, para que o processo de decomposição dos materiais possa acontecer, é necessário um nível de umidade, é importante salientar que, não pode estar nem muito seco nem encharcado.

Cada leira mede em torno de 1,0 metro de largura por 2,0 de comprimento. Uma vez montada, fica repousando por três ou quatro meses, sendo revirada a cada 30 dias deixando-a bem homogênea, favorecendo a entrada de ar, na qual os microrganismos, minhocas e insetos, que ajudam na decomposição, sobrevivam e realize sua tarefa (a formação de húmus).

No dia 20 de abril de 2017, foi assinado o termo de cooperação técnica, entre a Prefeitura Municipal de Picuí e o IFPB/NEA. Onde a prefeitura disponibilizou o galpão da secretaria de agricultura do município, para se transformar no centro de compostagem. Além disso, a prefeitura disponibiliza todos os materiais necessários para a realização da compostagem como, as cascas do coco verde, oriundo do comércio local, podas das árvores, esterco e água. Já o NEA, disponibiliza as máquinas de trituração, onde são trituradas as cascas dos cocos e as podas, e diversas ferramentas que auxiliam na atividade, o mesmo também trazem consigo a participação dos bolsistas e voluntários do projeto, que pelo menos duas vezes na semana, vão ao centro de compostagem acompanhar e fazer todo o processo. Desde a formação das leiras, umedecimento, reviramento e peneiramento para obtenção do composto orgânico (húmus), no qual é realizado no centro de compostagem, pelos bolsistas e voluntários do NEA e por funcionários da secretaria de agricultura municipal de Picuí-PB.

Projeto este ainda em andamento, na qual não podemos considera-lo como algo terminado, vinculado com a participação de agricultores do município. Já podemos notar que o mesmo, apresentou consequências positivas para região, tais como: redução da quantidade de lixo verde espalhado pela cidade e contribuiu para um desenvolvimento sustentável. Esse projeto já é denominado pela Prefeitura municipal como: A Fábrica de Solos, o qual também faz parte do PROBEXT aprovado via Edital que conta com a participação de bolsistas do Curso superior em Agroecologia e do Integrado em Edificações. As ações sustentáveis não param e o trabalho continua.

Feira Agroecológica uma experiência única e solidária

Com a intenção de proporcionar melhor qualidade de produtos para a mesa dos consumidores dá-se a criação da feira agroecológica, a qual busca reduzir as práticas agrícolas convencionais e agrega uma agricultura limpa e livre de insumos externos, a feira incentiva os agricultores familiares a produzir de forma sustentável oferecendo-lhes um meio de subsistência no campo. Além disso, a feira promove uma maior segurança alimentar da população da cidade, sem contar dos diversos benefícios que traz a saúde do consumidor, com isso, o Núcleo de Estudos em Agroecologia (NEA) apresentou um projeto de extensão por nome “Feira Agroecológica: Produtos Orgânicos Sustentáveis”, articulada pela coordenação do NEA e diversos produtores de Picuí e região.

A feira é livre: As feiras livres são um complexo de relações sociais e econômicas que ocorre dentro de um determinado espaço público. Apresenta relevância irrefutável principalmente no nordeste brasileiro por ser única fonte de renda de inúmeras famílias que por fatores diversos não conseguiram se inserir no mercado de trabalho via empregos e a feira livre é uma das poucas alternativas de sobrevivência. As feiras são geridas pelas prefeituras municipais. Nela acontecem atividades comerciais em pequenas escalas e são praticadas pela parcela da população que não tem acesso as atividades econômicas do circuito superior (OLIVEIRA SILVA, 2012).

A primeira versão da feira, ou melhor, de expor produtos orgânicos, agroecológicos e oriundos da agricultura familiar, surgiu na disciplina de Economia Solidária, no curso de Agroecologia do IFPB, campus Picuí no ano de 2013, quando alunos incentivados pelo Professor da disciplina, forma estimulados a colocar para comercialização na feira livre de Picuí produtos orgânicos, hortícolas e

frutícolas e artesanatos. Além da simples comercialização, onde o dinheiro apurado era entregue para o agricultor ou agricultora que colocou o produto para comercialização na íntegra, funcionando assim a banca apenas como uma intermediadora entre o agricultor e o consumidor. Essa feira teve a duração de cinco semanas consecutivas, culminando com o convite para participar da Feira da Agricultura familiar em João Pessoa patrocinada pelo Governo do Estado.

A segunda feira agroecológica, realizada no município de Picuí-PB, teve início no dia 20 de maio de 2017 com o intuito de agregar valores e importância aos produtos orgânicos nessa região. Os produtos fornecidos na feira são provenientes de produtores locais juntamente com a microempresa intitulada Canteiro cheiro verde da cidade de Nova Floresta- PB, na qual são disponibilizadas as suas culturas para serem vendidas, atribuindo uma renda extra a cada produtor.

Com a introdução da feira na cidade foi possível visualizar a aceitabilidade da população picuiense ao projeto, pois encontraram produtos de preços acessíveis e de ótima qualidade, e a cada feira realizada a demanda e a procura de produtos aumentavam. Já existem cerca de seis produtores cadastrados com barracas, e a cada dia de feira através da divulgação via panfletos e de esclarecimentos feitos no corpo a corpo com os próprios fregueses que se sentem esclarecidos quando é a eles ofertados produtos sem agrotóxicos e sem químicos. Outra via de divulgação é a difusora da própria feira, onde são realizadas propagandas transmitidas “ao vivo” pelo operador que a cada meia hora enfoca os benefícios de uma alimentação saudável e divulga a lista de produtos orgânicos que está sendo vendido na barraca nesse dia.

A feira é realizada todos os sábados junto com os demais feirantes da cidade e região para possibilitar aos consumidores locais uma nova percepção dos produtos orgânicos oferecidos, inicia-se as cinco horas da manhã e estende-se até ao meio dia, durante esse período são entregues panfletos para divulgar e apresentar a feira agroecológica a população, também foram envolvidos outros projetos do núcleo de estudo (NEA) para uma maior diversidade de produtos oriundos da região obtendo-se assim uma troca de conhecimento local, como os sabores da caatinga que ofertam alimentos elaborados com espécies da caatinga como suco do fruto da palma, pastel e coxinhas com recheio de palma, din-din de mandacaru, etc., e cactáceas ornamentais, as quais são vendidas com os jarrinhos feitos na comunidade Quilombola Serra do Abreu e decorados pelos bolsistas do NEA envolvidas nesse projeto.

Com o crescimento da população, a inquietação em relação à oferta de alimentos também aumentou. Aliado a isso a preocupação recente com uma alimentação mais saudável, mesmo essa sendo rápida e pronta para o consumo, leva-os a busca de alimentos que contenham em suas preparações matérias primas mais saudáveis, isentas de agroquímicos durante seu cultivo, e com agregação de valor nutricional. Nota-se que nos dias de hoje o consumo de vegetais in natura e/ou processados tem aumentado motivado pela necessidade cada vez mais crescente da população em ingerir alimentos saudáveis, pois se sabe que através da ingestão desses vegetais se obtém algumas vitaminas, principalmente o ácido ascórbico e outros nutrientes importantes (OLIVEIRA et al., 2016).

Os produtos disponíveis na banca são em sua maioria as folhosas, por serem as mais consumidas no mercado. Além delas, a feira disponibiliza diversos produtos produzidos por agricultores que retiram sua subsistência deles, exemplo o ovo de capoeira, doce de leite e manteiga da terra e os artesanatos produzidos em comunidades locais, tais como Serra do Abreu – Artesanato de barro e a comunidade Cuiuiu de Barra de Santa Rosa-PB, artesanato de fibra de agave.

Portanto a feira é de grande importância tanto para a população como para o agricultor que ambos se beneficiam dessa prática sustentável, trazendo também benefício para a economia da cidade e as políticas públicas da região, proporcionando uma nova expectativa de vida para os consumidores.

Projeto Cactáceas Ornamentais

O projeto das cactáceas ornamentais surgiu inicialmente com o intuito de agregar duas áreas distintas e igualmente importantes para a sociedade, a valorização dos recursos naturais disponíveis na nossa região e pouco exploradas, e também a valoração das atividades desenvolvidas por mulheres habitantes da comunidade quilombola Serra do Abreu. Enxergando a importância de determinar maneiras mais eficientes de propagar espécies características da nossa região e potencialmente comercializáveis, o projeto tenta impulsionar simultaneamente a produção de vasos artesanalmente confeccionados por Dona Maria, mulher, quilombola, e desbravadora do sistema fundamentalmente estabelecido pela sociedade em busca de autonomia financeira e social. Em contrapartida, temos ainda o incentivo a preservação das raízes dentro da própria comunidade com o resgate da tradição de louças de barro.

Essa comunidade, que recebe o nome de Serra do Abreu, fica localizado no município de Picuí e abriga uma quantidade considerada de famílias que de alguma forma vivem da agricultura de sequeiro, e das poucas atividades artesanais feitas principalmente pelas próprias mulheres da região, que desenvolvem diversos trabalhos, à exemplo da produção de louças de barro. Dona Maria é uma das moradoras que ainda se prontifica a trabalhar com essa atividade ceramista, dentre as 21 famílias existentes no quilombo.

No ano de 2015 iniciou-se as visitas a comunidade com as alunas integrantes do projeto e com os professores do IFPB campus-Picuí, ambos também colaboradores do Núcleo de Estudos em Agroecologia (NEA). O objetivo das visitas era discutir formas viáveis de agregar valor à cultura local, a fim de valorizar todo o conhecimento tradicional existente na região e possibilitar assim o aumento na renda dessas famílias, tornando viável a convivência dos mesmos na região semiárida.

Sendo por meio da introdução de uma espécie de cacto ornamental ao vaso, que é produzido sob uso de técnicas e práticas totalmente tradicionais que o produto reluzente recebe a devida agregação de valor, e o que antes era comercializado por um preço de R\$ 1,50 passa agora a ser vendido a um preço justo de R\$ 12,00 pela própria ceramista, Dona Maria, aos comerciantes e moradores da região. Portanto, pode-se dizer que essa “ideia” foi uma maneira viável que se encontrou de agregar valor ao trabalho realizado pelas artesãs da comunidade, demonstrando de forma simples o potencial econômico que esta atividade têm para as famílias locais, e que inclusive pode servir de base para abertura de novos postos de comercialização entre as mulheres da localidade, uma vez que o cacto introduzido possui uma excelente propagação e a região apresenta condições favoráveis a instalação da atividade.

Desta forma, sempre com o intuito de mostrar ao público de fora a importância da prática exercida por Dona Maria, era que as oficinas iam sendo realizadas nas diversas partes do Brasil, desde municípios vizinhos até regiões e estados mais distantes, como por exemplo Natal, e Petrolina no congresso internacional (COINTER), no ENEX (Encontro Nacional de Extensionistas) que aconteceu em Areia e o SIMPIF em João Pessoa, onde foi exposto de forma prática como era desenvolvido o projeto das cactáceas ornamentais. Além dessas, outras também foram realizadas dentro do município de Picuí, em eventos como o EEPIEA, Semana da Caatinga e Dia Internacional da Mulher. Sendo que muitas dessas, também foram realizadas na própria comunidade Quilombola, junto com os participantes e com a própria ceramista que sempre dava abertura falando sobre sua arte e sobre sua atuação dentro da comunidade.

Porém, o projeto foi estabelecido, foi desenvolvido e de alguma maneira colaborou para que atividade centenária presente na comunidade crescesse. E de fato após a publicação de trabalhos, e da realização de oficinas nos quatro cantos do país, fez com que a comercialização dos produtos da ceramista dona Maria, fossem vendidos em maiores quantidades. No entanto, percebeu-se também a falta de interesse por parte dela e das demais mulheres da região em seguir adiante na produção de vasos e na comercialização das plantas ornamentais que seriam feitos pelas próprias autoras da comunidade.

Mas a ideia segue a diante e sendo executada com muito entusiasmo pelas voluntárias do projeto, que de alguma forma trabalham em harmonia e em parceria com a comunidade. Atualmente junto com os demais projetos do NEA: Compostagem, RAD (Recuperação de Áreas Degradadas), Sabores da Caatinga, Louceras do Abreu e pequenos agricultores da região, foi que se deu início a feira agroecológica que é realizado pelo NEA, junto com os demais bolsistas do núcleo. Dessa forma, todos os produtos oriundos dos projetos, são levados para serem comercializados na feira, desde comidas, artesanatos, hortaliças, frutíferas, raquetes de palmas e o próprio composto orgânicos, todos eles de base orgânica e trabalhados de forma sustentável e ecológica. A mesma é realizada todos os sábados na feira livre da cidade de Picuí, e apesar da experiência ter sido mínima em função do tempo de implantação da feira, já é possível notar o sucesso marcante que esta vem gerando na região, uma vez que não são evidenciados a venda de produtos orgânicos na região, abrindo espaço para que mais agricultores tomem iniciativa e passem a vender seus produtos.

Reflexões Finais

Ao dar continuidade aos trabalhos de pesquisa, ensino e extensão e consolidar o Núcleo de Estudos em Agroecologia funciona como um apêndice necessário ao aprendizado e a familiarização dos estudantes com a realidade dos camponeses e camponesas regionais. Consolida as parecerias com os atores sociais envolvidos em torno da temática da produção orgânica de base agroecologia, desenvolvendo ações práticas em comunidades locais conjuntas e em rede e do ensino através da

pedagogia da alternância. Amplia o entendimento dos valores, conceitos e benefícios da prática dos princípios da Agroecologia e da produção orgânica, priorizando as práticas sustentáveis, entre os diversos sujeitos envolvidos por meio das oficinas que continuarão a ser ministradas nos assentamentos da reforma Agrária e nas Comunidades Quilombolas. Promove o debate sobre relação de gênero na agricultura familiar.

O NEA se integra com a comunidade acadêmica quando seus colaboradores participam também da elaboração de Trabalhos de Conclusão (TCC) do CST em Agroecologia e Técnicos em Mineração, integração dos PIBICT's (Projetos de Iniciação Científica); PIBITI's (Projetos de Inovação Científica) e PROBEXT (Projetos de Extensão); continuar possibilitando que os alunos se envolvem na escrita e apresentação de artigos científicos para divulgação em encontros locais, regionais, nacionais e internacionais, além de periódicos diversos.

O NEA se propõe a promover a transição Agroecológica através de cursos FIC e oficinas educativas e sustentáveis onde se trabalhará o enfoque na redução do uso de insumos químicos e práticas agressivas aos agroecossistemas e migração para tecnologias e formas de manejo em atividades agrícolas no campo por parte dos agricultores e agricultoras da região. Promover campanha anual dos produtos orgânicos, objetivando oferecer informações aos consumidores da feira livre de Picuí, sobre onde encontrar os produtos orgânicos e como são produzidos. A práxis passa a ser canalizada para todas as ações do Núcleo.

Referências Bibliográficas

- ARRUDA, W. B. F.; PEREIRA, F. C. A preparação da compostagem no Semiárido paraibano. In: Jornada regional de integração do programa internacional despertando vocações, 3, 2016, Vitória de Santo Antão. Anais.....Vitória de Santo Antão-PE, IFPE, v.1. p.81-64, 2016.
- BELTRÃO, N. E. de M. Breve história do algodão no nordeste do Brasil. Embrapa, Campina Grande. 2003.
- FAMUP. Federação das Associações de Municípios da Paraíba. 2017. Disponível em: <http://www.famup.com.br/>. Acesso em: 20 jul. 2017.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 05 de ago. 2017.
- OLIVEIRA SILVA, D. de. A feira livre de Cruz das Almas: dinâmica espacial, planejamento e gestão municipal. Tese (Mestrado em Cultura, Memória e Desenvolvimento Regional). Universidade do Estado da Bahia, 2012.
- OLIVEIRA, S. M.; BRANDÃO, T. R. S.; SILVA, C. L. M. Influence of drying processes and pretreatments on nutritional and bioactive characteristics of dried vegetables: a review. Food Engineering Reviews, v.8, n.2, p.134-163, 2016.
- SILVA, E. P. Estudo da vulnerabilidade sócio-econômico-ambiental e os riscos a desastre Enos (El Niño Oscilações Sul) no Município de Picuí-Paraíba. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Agrícola. UFPB, 2002.

SABORES DA CAATINGA



CACTÁCEAS ORNAMENTAIS



RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS



COMPOSTAGEM



FEIRA AGROECOLÓGICA



**PERCEPÇÃO E FORMAS DE USO DOS DE CACTÁCEAS E SUCULENTAS COM FINS MEDICINAIS:
O CASO DA COMUNIDADE FORTUNA, PARAÍBA (BRASIL)**

¹Liliane Sabino dos Santos

²Frederico Campos Pereira

³Ivanice da Silva Santos

⁴Celina da Silva Maranhão

⁵Giuliane Karen de Araújo Silva

¹Graduanda Agroecologia IFPB, Picuí, lillyane43@gmail.com

²Prof. Dr. IFPB, Picuí, fredcampos2000@yahoo.com.br

³Especialista em Gestão dos Recursos Ambientais do Semiárido IFPB, Picuí, ivanicebio@gmail.com

⁴Graduanda Agroecologia IFPB, Picuí, celina.agro@hotmail.com

⁵Graduanda Agroecologia IFPB, Picuí, giulianekaren@gmail.com

Introdução

A região semiárida nordestina é, fundamentalmente, caracterizada pela ocorrência do bioma Caatinga, que constitui o Sertão, o Seridó, o Curimataú, entre outras microrregiões. Parte significativa do Nordeste é de clima Semiárido, com evaporação média anual superior a 2.000mm, temperatura média elevada (23 a 27°C), grande insolação (média de 2.880 h/ano) e precipitações pluviiais bastante irregulares, em torno de 500 a 600mm/ano, tendo assim poucas opções agrícolas rentáveis, que sustentem os produtores nas áreas rurais (SUDENE, 1996).

O termo “caatinga” é de origem Tupi e significa “mata branca”, referindo-se ao aspecto da vegetação durante a estação seca, quando a maioria das árvores perde as folhas e os troncos esbranquiçados e brilhantes dominam a paisagem (PRADO, 2003). A Caatinga é uma das 37 grandes regiões naturais do planeta que cobrem mais de 10.000km² (AGUIAR et al., 2002).

A Caatinga é um mosaico de arbustos espinhosos e florestas sazonalmente secas que cobre a maior parte dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e a parte nordeste de Minas Gerais, no vale do Jequitinhonha. Estendendo-se por cerca de 735.000km², a Caatinga é limitada a leste e a oeste pelas florestas Atlântica e Amazônica, respectivamente, e ao sul pelo Cerrado. Geomorfologicamente, a Caatinga é localizada nas depressões interplanálticas (300 - 500m), expostas a partir de sedimentos do Cretáceo ou Terciário que cobriam o escudo brasileiro basal do Pré-Cambriano (AB’SABER, 1977).

Segundo Silva (2010), o território do Curimataú-PB abrange uma área de 3.334 Km², constituído por 10 municípios: Baraúna, Barra de Santa Rosa, Cacimba de Dentro, Cuité, Damião, Frei Martinho, Nova Floresta, Nova Palmeira, Picuí e Sossego. Está situado na Mesorregião do Curimataú paraibano (Região Nordeste) uma região tipicamente de clima Semiárido, que traz consigo uma história de lutas e organização dos atores sociais em busca de melhoria de sua qualidade de vida.

A comunidade rural “Fortuna” está localizada na mesorregião do Curimataú paraibano, que encontra diversas dificuldades para que se possa produzir, entre essas dificuldades há a falta de uma assistência técnica de qualidade, pois a comunidade é rica de conhecimentos empíricos, e seus habitantes produzem diversas cultivares no período chuvoso, no de escassez se adaptam de várias formas, a localização do assentamento rural é bastante distante da cidade, e a assistência médica e técnica acaba sendo prejudicada e complicada devido ao acesso, por essa consequência o uso contínuo de plantas medicinais é cada vez mais frequente entre as comunidades como os mesmos chamam de “remédio do mato”, sendo assim uma alternativa para os diversos problemas de saúde ali encontrados.

Desde o início dos séculos as plantas medicinais tem sido uma alternativa para vários povos, através da diversidade de culturas, surgiram mais experiência sobre o uso e consumo de plantas medicinais, alguns estudos revelam que as plantas medicinais existem anterior a nossa existência tornando-se assim um extraordinário ápice de cura para diversas enfermidades. Devido sua destinação as plantas medicinais se tornaram uma tradição popular entre os povos. As tradições populares de uso de plantas medicinais, na Amazônia, representam um importante ponto de encontro entre permanências e rupturas culturais, estabelecidas desde os primeiros contatos intertribais e interétnicos

e consolidadas no entrecruzamento das principais matrizes presentes no processo de formação do povo brasileiro (RIBEIRO, 1995).

Dentre as medicinais, existem várias espécies distintas, cada qual com efeitos e curas diferentes, no qual se destacam o uso de plantas suculentas como as cactáceas. As cactáceas são plantas com aspectos anatômicos, ecológicos e fisiológicos peculiares, a família cactácea ao longo dos séculos se adaptou ao clima seco. As espécies de cactáceas são em geral xerófitas, suculentas, perenes e adaptadas às regiões semiáridas. Os cactos possuem hábitos diversos: arbóreo, arbustivo, subarbustivo, trepador, epífito ou geófito; apresentam raiz fibrosa ou tuberosa. O caule pode assumir formas colunares, cilíndricas, globulares, aladas ou achatadas, sendo frequentemente segmentado e, na maioria das vezes, sem folhas típicas, geralmente modificadas em espinhos (ZAPPI et al., 2008).

As cactáceas são comumente conhecidas a partir de suas características ornamentais, mas atualmente foram feitas diversas descobertas em estudos para sua utilização na alimentação animal, humana e uso medicinal. É notório que o conhecimento do potencial medicinal e culinário dessas espécies são escassos, apesar da alta disseminação na região do Curimataú, região de clima temperado e seco, com baixa pluviosidade, ainda assim altos índices prevalecem das espécies como em cultivo consorciado em pomares e quintais, mas maioria espontâneo.

Esse aspecto espontâneo envolve resistência à seca, morfologia, fisiologia e bioquímica. Sendo considerados três mecanismos relacionados à seca: resistência, tolerância e escape. A resistência está relacionada a sua própria condição xerófitica; o escape, através de um sistema radicular superficial e ramificado que lhe possibilita um eficiente aproveitamento das chuvas pouco intensas; a tolerância está relacionada a fatores bioquímicos, como a diminuição do metabolismo (GRUPO CULTIVAR, 2018).

Parte das plantas xerófilas, e de ambientes semiárido do Curimataú e desérticos, apresentam metabolismo ácido crassuláceo, conhecido como mecanismo CAM. Está relacionado ao processo de fechamento dos estômatos durante o período diurno, para evitar a perda excessiva de água, e a abertura durante o noturno. Assim as plantas CAM absorvem CO_2 durante a noite, transformando em ácidos orgânicos, onde se decompõe e liberam no dia seguinte o CO_2 , que é assimilado pelo ciclo de carbono (BENEFÍCIOS NATURAIS, 2018).

As cactáceas vêm ganhando espaço na alimentação humana no decorrer dos anos, muitas pesquisas já foram elaboradas através de receitas de sucos, salgados e doces. O denominado suco de cacto fornece nutrientes como o betacaroteno, vitaminas B e C, ferro, magnésio e cálcio, dentre outros minerais e vitaminas. Além das cactáceas destacam-se as suculentas que possuem um elevado índice de germinação devido sua adaptação a seca e armazenamento de água são plantas de diversas formas, cores e texturas, conforme a família a que pertencem, podem ter flores vistosas, ou de expressão ornamental secundária (GRUPO AGRICULTOR, 2018).

O estudo de plantas medicinais antimicrobianas não é um fato recente, entretanto, apesar de antigo, o assunto é atual e relevante devido ao aumento de resistência bacteriana e a necessidade de novos antimicrobianos eficazes de baixo custo e com reduzidos efeitos colaterais (COWAN, 1999; NIERO et al., 2003).

O presente estudo tem como objetivo avaliar a percepção dos moradores da comunidade Fortuna, na zona rural do Curimataú paraibano, sobre o uso de cactáceas e suculentas com fins medicinais.

Material e Métodos

A pesquisa foi realizada na microrregião do Curimataú paraibano, no município de Cuité, precisamente na comunidade rural Fortuna, uma área de assentamento rural que aos poucos começa a interagir com Instituições de ensino, pesquisa e extensão no intuito de realizar troca de experiências que mescle o empírico com o tecnológico e científico. Daí surge a parceria com o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, campus Picuí e o Núcleo de Estudos em Agroecologia (NEA), que passam a realizar oficinas explorando entre outras temáticas, a do uso de cactáceas e suculentas com fins medicinais.

Foram aplicados 28 questionários semiestruturados em forma de entrevista aberta, com intuito da percepção e do olhar de tais agricultores sobre o conhecimento do potencial das cactáceas e suculentas para serem utilizadas como medicina alternativa. A pesquisa é de cunho qualitativa, pois tanto descreve as formas de uso das espécies para a medicina alternativa, quanto quantifica as mesmas.

A região possui várias espécies de cactáceas e suculentas que por muitas vezes são utilizadas e não há o conhecimento de sua importância regional e medicinal. As entrevistas proporcionam a oportunidade de descrevê-las e catalogá-las, realizando a partir da citação de seus nomes populares uma pesquisa botânica, que foi realizada em parte na Biblioteca do IFPB Campus Picuí, e em sites de taxonomia vegetal especializados.

Fez-se um registro sonoro e fotográfico dos moradores e, das plantas, bem como dos ingredientes que compõe as receitas, do produto final e de como os mesmos são acondicionados em caso de necessidade de fazer uso do mesmo mais de uma vez, para isso foi utilizada uma máquina fotográfica Nikon e gravador de voz através de aparelho Panasonic RR-310.

Resultados e Discussão

Espécies citadas

Através das respostas obtidas a partir dos questionários aplicados, obteve-se diversas citações de espécies utilizadas quanto ao uso medicinal, despertando o conhecimento e aplicação da medicina alternativa dos agricultores. Foram citadas plantas da família Cactaceae como: Coroa-de-frade (*Melocactus bahiensis*); Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) e Cardeiro, planta também conhecido como Mandacaru (*Cereus jamaru*), e suculentas como a Babosa (*Aloe vera*), no qual seu conhecimento medicinal é de certa forma expandido pelas empresas de cosméticos.

Os caracteres fisiológicos das cultivares favorecem para uma percepção e uma diversidade que por sua vez proporciona um leque de utilidades farmacológicas que facilita e agiliza a vida da comunidade em emergências no âmbito da saúde familiar, a partir do conhecimento empírico e do uso de tecnologias rudimentares, as quais são guardadas e passadas de geração a geração, sempre atuando de maneira a favorecer de forma usual e prática as emergências da comunidade.

A coroa de frade (Melocactus bahiensis)

É o cacto cilíndrico da Caatinga que armazena água rica em proteínas e vitaminas, em Sergipe já é utilizado frequente na culinária para doces, alguns agricultores à utiliza para tratar doença no rins e intestino. Cactácea de pequeno porte, achatado pode atingir de 15 a 20 centímetros de altura, espinhos mistos finos e grossos, possui flores tons rosa a avermelhadas fortes atrativos para abelhas, seu nome surge devido seu formato, que na fase adulto desenvolve um cefálio, com aparência próxima a uma coroa. Comumente encontrada na mata entre rochas até mesmo sobre a terra, coberta por folhas secas ou embaixo de pedras ou madeira em decomposição, onde consegue em pouco tempo captar a água deixada pelas chuvas rápidas, fácil de se desenvolver em lugares áridos, porém não possui resistência a temperaturas baixas, bastante utilizada como planta decorativa, alto potencial medicinal. A Coroa-de-frade desenvolve frutos comestíveis e palatáveis, que alimenta lagartas, pássaros e outros animais.

A palma forrageira (Opuntia ficus-indica)

É uma espécie nativa de regiões áridas da América do Sul principalmente no México, é Cacto suculento, ramificado, de porte arbustivo, com altura entre 1,5 e 3 m, ramos clorofilados achatados, de coloração verde-acinzentada, mais compridos (30 - 60 cm) do que largos (6 - 15 cm), variando de densamente espinhosos até desprovidos de espinhos (inermes). As folhas são excepcionalmente pequenas, decíduas precoces. As flores são amarelas ou laranja brilhantes, vistosas. Os frutos são amarelos-avermelhados, suculentos, com aproximadamente 8 cm de comprimento, com tufo de diminutos espinhos (GRUPO CULTIVAR, 2018).

A palma forrageira foi introduzida no semiárido nordestino no final do século XIX, com o intuito da produção de corante carmim. Porém por pouco tempo foi explorada para tal ensejo. Foi após a grande seca ocorrida em 1932 que a palma foi descoberta como uma excelente alternativa forrageira. A captação atmosférica do CO² e o acúmulo resultante da biomassa das palmas, depende das condições ambientais. Os principais fatores são o teor de água do solo, a temperatura do ar, a luz e vários elementos do solo.

Segundo Santos et al. (1990) e Wanderley et al. (2002), esta cactácea é um alimento suculento, rico em água e mucilagem, com significativos teores de minerais, principalmente cálcio (Ca), potássio (K) e magnésio (Mg). Apresenta altos teores de carboidratos não fibrosos (CNF) e elevado coeficiente de digestibilidade da matéria seca (MS). Por outro lado, possui baixos teores de MS (10 a 14%), proteína bruta (4,0 a 6,0%) e fibra em detergente neutro (26,8%).

O Mandacaru ou Cardeiro (Cerus jamacaru)

É uma cactácea nativa do Brasil, adaptada às condições climáticas do Semiárido. Conhecida também como Cardeiro, a planta alcança até seis metros de altura e possui um formato que pode lembrar um candelabro. O mandacaru é importante para a restauração de solos degradados, serve como cerca natural e alimento para os animais. A planta espinhenta sobrevive às secas devido à sua grande capacidade de captação e retenção de água (CERRATINGA, 2018).

Da família das cactáceas, gênero cactos, o mandacaru possui espécies com e sem espinhos, espécie de mandacaru que apresenta mais espinhos nascem flores brancas, de grande beleza, bastante apreciada pelos nordestinos e representa o fim da seca, e que chegam a atingir cerca de 30 centímetros de comprimento. Na maioria das vezes, os botões destas flores surgem no período da primavera e cada uma delas costuma durar por apenas uma noite, desabrochando no período noturno e murchando no começo da manhã. Fruto palatável com aparência viscosa, aparência externa fruto brilhante de coloração roxo-avermelhado, interno cor branca com sementes pretas (CERRATINGA, 2018).

O caule contém fécula, com a qual se preparam pães, biscoitos, broas e mingaus utilizados na alimentação humana, e os ramos depois de queimados os espinhos, servem de alimento para os animais (bovinos, ovinos e caprinos). Em sua composição foram registrados 15,84% de água, 10,72% de proteína bruta, 1,04% de estrato etéreo, 45,52% de extrativos não nitrogenados, 16,22% de fibra bruta e 10,66% de resíduo mineral (CNPTI, 2018).

A Babosa (Aloe vera)

É uma planta suculenta totalmente adaptada ao semiárido, planta de fácil manuseio, sua maior disseminação é espontânea, planta arbustiva, dióica, suculenta, mucilagínosa, rizomatosa, entouceirada, de caule curto, perene, medindo 0,50 a 1,20 m de altura.

As folhas dispostas em roseta, reunindo até 20 folhas, são ensiformes, com 50 a 60 cm de comprimento por 6 a 9 cm de largura e 3 cm de espessura na base, densas, lanceoladas, côncavas em sua face superior e convexas na face interior, glauco-esverdeadas, uniformes, sinuoso-serradas, carnosas, com pintas ou manchas brancas quando jovens, marginadas por espinhos triangulares, amarelos, curtos e espaçados, internamente possui um líquido mucoso aparente a um gel transparente.

A *Aloe Vera* tem como componentes ativos enzimas, aminoácidos essenciais, aminoácidos não essenciais, ácidos graxos e várias outras substâncias como triglicérides, esteróis, sais e ácidos orgânicos, vitaminas A, C, B1, B2, B5, B12 e sais minerais (REVISTA PLANTAS & ERVAS).

Compilação dos Resultados

A tabulação dos resultados da pesquisa realizada com os moradores da comunidade Fortuna demonstra e ilustra o nível de percepção dos moradores da comunidade Fortuna para o conhecimento e uso de cactáceas e suculentas como planta medicinal, onde após uma pequena explanação sobre essas plantas, os mesmos relataram de forma direta e clara quais eram as espécies utilizadas no preparo de receitas e formulações para o combate de algumas enfermidades, bem como registrou-se também a informação de pessoas que nunca as utilizaram (Figura 1).

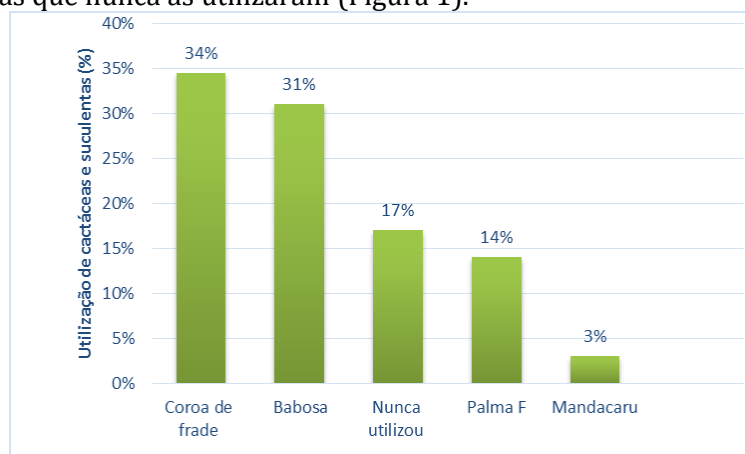


Figura 1. Percepção dos moradores da comunidade Fortuna para a utilização de cactáceas e suculentas para fins medicinais.



Figura 2. Execução da pesquisa em comunidade.

Efeitos da planta sobre as enfermidades

Dores de garganta são causadas por bactérias ou vírus. Alergias, poluição e secura da garganta também podem causar uma dor de garganta. A dor na região citada pode também ser sinal de uma gripe ou resfriado. A dor de garganta causada por infecção bacteriana é mais comum em crianças ou durante os meses mais frios do ano. Uma dor de garganta bacteriana é diferente de uma dor de garganta causada por uma infecção viral. Mas ambas são contagiosas e podem ser passadas de pessoa para pessoa (NURSING, 2018).

Como demonstrado na tabulação dos resultados, o maior número de citações (34%), foi da utilização da cactácea coroa-de-frade, matéria prima de remédios caseiros e uso na medicina alternativa. A mesma é recorrente no Curimataú servindo de referência positiva para esse fim. Na entrevista foi descrito que a coroa-de-frade obteve resultado positivo quanto a essa forma de utilização, comentários de entrevistados exaltam a planta dizendo ser a mesma “um santo remédio”, com isso demonstrando na prática ser um anti-inflamatório natural, muito utilizado na região. Foi citada também para combater a gripe e principalmente os efeitos da tosse que acentua a irritação na garganta por sua vez.

Outra espécie que se destacou nas respostas coletadas, com 31% das citações, foi a suculenta Babosa (*Aloe vera*), que é uma planta comercialmente conhecida na indústria de cosméticos, que é usada regularmente em formulações da indústria na saúde dos cabelos e da pele. É também conhecida por seus efeitos calmantes, cicatrizantes e anti-inflamatórios, anestésico, antitérmico, dentre outros, que podem ser muito úteis para a saúde humana, atuando na prevenção e tratamento de várias enfermidades (GREENME, 2018).

Os entrevistados relataram que a Babosa é comumente por eles utilizadas no combate aos primeiros sintomas de aparecimento de vermes, que surgem devido à ingestão dos ovos desses microrganismos, que estão presentes na terra, carnes cruas ou superfícies sujas, e que se desenvolvem no intestino, provocando sintomas como barriga inchada, dor abdominal ou coceira no ânus. Além do tratamento de verminoses, também foram citados tratamentos para queimaduras e para pele e cabelos ressecados.

A Babosa (*Aloe vera*) possui efeito acelerador e regenerativo das células do derma, por essa característica se faz eficiente nos tratamentos de recuperação da pele, possui ácidos graxos que ajudam na hidratação. Ela tem o poder de “induzir ao sono, fortificar o corpo, diminuir a barriga e limpar o estômago”, podendo ser aplicada em feridas, hemorroidas e usada contra a queda de cabelos, doenças da boca e gengiva, queimaduras solares, doenças de pele e outros males, excelência um agente vermicida agente ativo contra infecções virais, e bactericida específico ou seletivo (destruindo apenas determinadas bactérias nocivas) é um fungicida natural (NATUREZA, 2018).

A cultivar Palma forrageira (*O. ficus-indica*) citada na pesquisa, dos entrevistados para sua utilização medicinal onde a mesma “serve para tratar inflamação na próstata”. Cerca de 31% dos entrevistados chegaram a utilizar a palma para fins medicinais, não apenas da próstata, mas inflamações generalizadas, utilizando principalmente a raiz, isoladamente ou em mistura com partes de outras plantas.

Sabe-se que é a Palma forrageira é comumente utilizada na alimentação animal como complemento energético, os diversos micronutrientes contidos neste vegetal incluindo uma grande quantidade de vitaminas A, C e do complexo B, além de minerais como o ferro, cálcio potássio. A Palma forrageira é também usada para fins farmacêuticos e cosméticos, porque foi demonstrado que têm propriedades medicinais (KHARRASSI et al., 2016).

Como alternativa de tratamento fitoterápico, estudos realizados mostram que a Palma forrageira ajuda a eliminar as toxinas do álcool e do fumo que são absorvidas pelo organismo, a metabolizar a gordura do organismo, diminuir a concentração de açúcar no sangue, colaborando assim na redução das taxas de colesterol e no controle da diabetes. Como possui muitas fibras solúveis e insolúveis, a palma colabora para o bom funcionamento do sistema digestivo além de impedir a concentração de elementos cancerígenos (NUNES, 2011).

Na entrevista foi descrito a utilização do Mandacaru (*C. jamaru*) para inflamações inclusive gripe, utilizando a parte da raiz, e a parte interna do mandacaru pode ser usada para o tratamento de gastrites e manter a saúde do aparelho digestivo. A raiz também pode ser usada para o tratamento de cálculo renal em mistura com outras ervas. Função diurética, melhora a retenção de líquidos, a infecção na bexiga tem ação expectorante, melhora a febre e resfriados.

O Mandacaru (*Cereus jamaru*) de clima seco e com pouca água, pode chegar a 6 metros de altura e no lugar das folhas, a planta contém espinhos para proteger a planta contra os herbívoros da região. As raízes do mandacaru conseguem absorver água contida no lençol freático e o tronco é protegido por uma película grossa para evitar a perda de água. Uso medicinal do cacto Mandacaru é pouco difundido, mas popularmente se atribui às raízes e ao caule ação diurética e benéfica aos males do coração, doenças respiratórias e renais (SANTOS et al., 2016). Toda a planta é usada no combate ao escorbuto e nas afecções do aparelho respiratório (ZARA et al., 2012).

Modo de preparo, formulação e acondicionamento

Nos questionários, mais de um agricultor citaram receita utilizando Coroa-de-frade (*M. Bahiensis*) para tratar inflamações na garganta, tosse e gripe utilizando o “lambedor”. Resultando 34% de sua utilização dentro da comunidade. O preparo acontece fazendo-se um corte no cefálio ou “cabeça”, que é a parte de cima da coroa-de-frade, coloca uma cebola branca e uma porção de açúcar, após isso, coloca no “sereno da noite” por alguns dias até ficar um tradicional “lambedor”, que nada mais é um gel fluido, com consistência e aparência de mel. Serve-se em colheradas generosas durante todo o dia em horários diferenciados, ou nos momentos mais intensos de recorrência da tosse, principalmente. Esse “lambedor” é geralmente acondicionado em potes de vidro com tampas hermeticamente fechadas e guardados em locais frescos geralmente na cozinha da casa.

A palma forrageira geralmente tem a formulação dos seus chás misturados às partes de outras espécies que também possuem potenciais medicinais e que são utilizadas nos tratamentos das inflamações, como: raiz de Coqueiro (*Cocos nucifera*), Tipí (*Petiveria alliacea*), casca de Jatobá (*Hymenaea courbaril*), casca de Cajueiro (*Anacardium occidentale*) e de Aroeira (*Myracrodruon urundeuva*). A mistura relatada foi feita com as cascas de tais cultivares acrescentando o cladódio e/ou a raiz da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) em cubos ou em tiras ou pedaços secos de sua raiz, adicionados a raiz do coqueiro (por exemplo). A partir daí faz-se toda a mistura com água potável, coloca em uma garrafa PET ou de vidro para acondicionamento, dessa forma o produto final passa a se chamar de “Garrafada” depois de todo esse processo, deixa o produto descansar como forma de infusão por dois dias, e após pode-se consumi-la diariamente em pequenas quantidades, e seu armazenamento deve ser em temperatura de 4 a 5°C na geladeira residencial.

Obtendo resultado positivo no tratamento de sua enfermidade, de acordo com Otálora et al. (2015), os extratos de seu cladódio têm demonstrado atividades hipolipemiante, hipocolesterolêmico, antidiabético, hipoglicemia e anti-inflamatórias. Os agricultores falam que sempre utilizam a palma como planta medicinal.

A Babosa (*Aloe vera*) foi citada pelos entrevistados sendo utilizada de forma “*in natura*” sem nenhuma mistura, cortando-se apenas as laterais onde encontram-se os espinhos, retirando-se toda a casca verde, ficando apenas um gel transparente, corta-se em formato cilindro arredondado, para que se possa facilitar a introdução do supositório no ânus, contra os vermes, ou visando diminuir a constipação intestinal, prisão de ventre ou intestino preso, causada pelo endurecimento das fezes onde o indivíduo realiza um grande esforço para evacuar ou tem a sensação de evacuação incompleta ou interrompida.

Para hidratação capilar corta-se a planta (*Aloe vera*) na fase adulta quando, a qual, encontra-se bem desenvolvida com aspecto de uma planta com alta concentração de lignina, faz-se cortes laterais, descarta toda a casca e macera-se com auxílio de um pequeno bastão de madeira e uma vasilha qualquer limpa, deixando apenas o gel, que será a matéria prima para ser usada. Caso seja para apenas uma utilização, usar apenas uma folha de Babosa, aproximadamente 200 a 300 gramas. Pode-se conseguir o gel batendo essas partes no liquidificador com duas colheres de creme hidratante para cabelos, deixa bater até se tornar uma mistura homogênea, aplica-se massageando todo o cabelo, deixando agir por 20 a 30 minutos e após realizando o enxágue. Para queimaduras usa-se o mesmo processo de maturação e seu uso é tópico no local do edema, por esse motivo geralmente não se armazena esse macerado, porém pode ser colocada no congelador da geladeira tornando mais aprazível a aplicação posterior.

A cactácea Mandacaru (*Cereus jamacaru*) foi citada por um agricultor na forma de chá, retirando-se sua parte interna pode ser agregada com outras plantas medicinais como ervas, faz o chá para qualquer tipo de inflamação a partir de sua raiz. Tomar de acordo com a durabilidade da inflamação, indica-se que para sempre que for tomar o chá ser cozido na hora, não armazenar.

Conclusão

As espécies citadas são plantas totalmente adaptadas ou adaptáveis, no caso da Babosa, ao bioma Caatinga que possuem papel extremamente importante na nossa região. Sua disseminação por muitas vezes espontânea se torna de fácil acesso, e sendo assim possível sua utilização como matéria prima para os remédios caseiros derivados do conhecimento empírico que os habitantes carregam em seu ideário histórico e cultural ao longo dos séculos. Inconscientemente vai acontecendo a valorização da flora da região que, ao contrário do que se propala, é rica e possui uma biodiversidade esplêndida. Porém sua utilização na literatura ainda é tímida e escassa dificultando na elaboração da pesquisa.

Sendo assim as espécies citadas pela comunidade entrevistada, tem vasto uso e possui alta potencialidade medicinal, demonstrando eficiência para uma medicina alternativa com diversos vieses. Esse assunto desperta interesse entre os agricultores que apenas possuem conhecimentos empíricos. Portanto esse estudo revela opções viáveis para uma medicina alternativa desenvolvida na região de semiáridade, valorizando a exploração das espécies nativas e até mesmo exóticas a ele adaptadas.

Referências

- AB'SABER, A. N. Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários. *Paleoclimas*, v.3, p.1-19, 1977.
- AGUIAR, J.; T. E. LACHER JR.; SILVA, J. M. C. da. The Caatinga. In: MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; GIL P. R.; PILGRIM, J.; FONSECA, G. A. B. DA; BROOKS, T.; KONSTANT W. R. (eds.). *Wilderness: earth's last wild places*. p.174-181. Cemex, Agrupación Serra Madre, S.C. México, 2002.
- BENEFÍCIOS NATURAIS. 2018. Disponível em: <<https://www.beneficiosnaturais.com.br/cactus-beneficios-e-propriedades/>>. Acesso em: 04 de março de 2018.
- CERRATINGA. 2018. Disponível em: <http://www.cerratinga.org.br/coroadefrade/>. Acesso em: 19 de maio de 2018.
- EMBRAPA. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/arvore/CONT000g79856tg02wx5ok0wtedt39zqb403.html. Acesso em: 23 de maio de 2018.
- GERALDO JOSÉ. 2018. Disponível em: <http://geraldojose.com.br/index.php?sessao=noticia&cod_noticia=15887>. Acesso em: dia 23 de maio de 2018.
- GREENME. 2018. Disponível em: <<https://www.greenme.com.br/usos-beneficios/1881-tudo-sobre-a-babosa-beneficios-e-contraindicacoes>>. Acesso em: 23 de maio de 2018.
- GRUPO CULTIVAR. 2018. Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/artigos/palma-forrageira>. Acesso em: 04 de março de 2018.
- HARMONIA NATUREZA. 2018. Disponível em: <https://harmonianatureza.com.br/caracteristicas-da-planta-babosa/>. Acesso em: 23 de maio de 2018.
- KHARRASSI, Y. E.; MAZRI, M. A.; BENYAHIA, H.; BENAOUA, H.; NASSER, B.; EL MZOURI, E. H. Fruit and juice characteristics of 30 accessions of two cactus pear species (*Opuntia ficus indica* and *Opuntia megacantha*) from different regions of Morocco. *LWT - Food Science and Technology*, v.65, n.1, p.610-617, 2016.

- NUNES, C. S. Conhecimento sobre o uso medicinal da palma forrageira (*Opuntia ficus indica*) no município de Baraúna-PB. Revista Brasileira de Informações Científicas, v.2, n.3, p.55-59. 2011.
- PRADO, D. As caatingas da América do Sul. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (eds.). Ecologia e conservação da Caatinga. p.3-73. Editora Universitária. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2003.
- REVISTA PLANTAS & ERVAS. Características da Planta Babosa. Editora Minuano, v.2, n.10.
- NURSING. 2018. Disponível em: <http://www.nursing.com.br/garganta-inflamada-causas-remedios-sintomas/>. Acesso em: 23 de maio de 2018.
- MDA. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Resumo Executivo. Plano territorial de desenvolvimento rural sustentável – PTDRS. Território do Curimataú-PB, 2010.
- SANTOS, D. C.; LEITE, F. D. D.; DUARTE, D. B.; LIMA, S. L.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Principais cactáceas de ocorrência no semiárido brasileiro. In: CONIDIS, 2, 2017, Campina Grande. Anais...Campina Grande, 2016.
- SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; FARIAS, I. et al. Estudo comparativo das cultivares de palma forrageira gigante, redonda (*Opuntia ficus indica* Mill) e miúda (*Nopalía cochinillifera* Salm Dyck) na produção de leite. Revista Brasileira de Zootecnia, v.19, n.6, p.504-511, 1990.
- SOUZA, A. V. V.; SOUZA, D. D.; SILVA, N. B. G.; OLIVEIRA, F. J. V. Produção in vitro de mudas de coroa-de-frade (*Melocatus oreas* Miq. - *Cactaceae*): uma espécie nativa da Caatinga de potencial ornamental. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2012. 29p. (Embrapa Semiárido. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 94).
- SUDENE. Pacto Nordeste: ações estratégicas para um salto do desenvolvimento regional. Recife, 1996. 77p.
- WANDERLEY, W. L.; FERREIRA, M. A.; ANDRADE, D. K. B. VÉRAS, A. S. C.; FARIAS, I.; LIMA, L. E. DE; DIAS, A. M. DE A. Palma forrageira (*Opuntia ficus indica*, Mipp) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) na alimentação de vacas leiteiras. Revista Brasileira de Zootecnia, v.31, n.1, p.273-281, 2002.
- ZAPPI, D. C.; TAYLOR, N. Diversidade e endemismo das Cactaceae na Cadeia do Espinhaço. Megadiversidade, v.4, n.1-2, p.111-116, 2008.

Manejo de Solo e Água



CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOLO NO ENTORNO DO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA LUIZ GONZAGA – PE

¹Yoly Souza Ramos

²Juarez Paz Pedroza

³Silvanete Severino da Silva

⁴Antônio Hélio Muniz Fernández

⁵Sallydelândia Sobral de Farias

¹Eng. Agrícola pela Universidade Federal de Campina - UFCG, yolysramos@gmail.com

²Graduanda em Eng. Agrícola pela Universidade Federal de Campina, silvanete.h@hotmail.com

³Engenheiro Agrícola, Prof. Dr. Universidade Federal de Campina, juarez@deag.ufcg.edu.br

⁴Geólogo, MSc. Universidade Federal do Ceará - UFC, Departamento Ambiente Companhia Hidroelétrica do São Francisco - CHESF, helim@chesf.gov.br

⁵Engenheira Agrícola, Profa. Dra. Universidade Federal de Campina, sallyfarias@hotmail.com

Introdução

A degradação das terras, principalmente nas regiões áridas, semiáridas e sub-úmidas secas, é um processo ocasionado por vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas que podem desencadear processos de desertificação (BRASIL, 1998; SÁ et al., 2011).

O grau de degradação do solo é, em muitos casos, reflexo do estado da cobertura vegetal, uma vez que a vegetação que cobre o solo, afeta toda sua dinâmica de distribuição de água em seu perfil e a sua atividade biológica (IMENSON, 1984). Na ausência da cobertura vegetal, o solo pode sofrer com processos erosivos.

Por erosão se entende a perda acelerada de espessura do solo, com diminuição dos componentes minerais e orgânicos. A erosão é provocada por uma série de fatores que pode interferir individual ou coletivamente, entre os quais se destacam a chuva e o vento, além das ações antrópicas (ALMOROX, 1993). O homem, a partir do momento que atua sobre a cobertura vegetal natural de um solo, produz um desequilíbrio no meio ambiente, que podem se potencializar com as práticas inadequadas (DÍAZ & ALMAROX, 1994).

Segundo Matallo Junior (1997) este processo vem afetando mais de 100 países e uma população de quase 200 milhões de pessoas em todo o mundo, causando elevadas perdas econômicas. Ele também ressalta que a população que reside nas áreas afetadas é mais vulnerável tanto social como economicamente.

O clima é o fator que determina as diferenças entre o processo erosivo de uma região para outra, seja por meio do efeito direto das precipitações, seja pelo efeito indireto do estado da cobertura vegetal (LOPES-BERMUDEZ, 1990). Esta afirmação demonstra a importância da presença da cobertura vegetal sobre a superfície do solo, que deveria possuir um grau de cobertura do terreno de modo a controlar o impacto das gotas de água das precipitações. A eliminação da vegetação natural e a exploração da vegetação na colheita, não somente desprotege a superfície do solo da ação direta da chuva, mas também causa a diminuição de uma componente fundamental do solo que é a matéria orgânica (PARR et al., 1990).

No nordeste brasileiro, a maioria das atividades estão baseadas na exploração dos recursos naturais, e em especial ao extrativismo da cobertura vegetal, o superpastejo de áreas nativas e a exploração agrícola por meio de práticas de manejo do solo muitas vezes inadequada (SAMPAIO & SALCEDO, 1997).

A vegetação predominante nesta região é a Caatinga, que ocupa uma área de aproximadamente 734.478 km². Este bioma é exclusivamente brasileiro, o que significa dizer que grande parte do patrimônio biológico não é encontrado em nenhuma outra parte do mundo (TABARELLI & VICENTE, 2003).

Os núcleos de desertificação têm o desmatamento como principal atividade causadora da degradação. Este é um indicador consensuado e justificado pela facilidade na observação de mudanças, em escalas tanto espaciais como temporais, com o uso de imagens de satélite. Porém os trabalhos no Nordeste têm considerado a perda da cobertura vegetal como desertificação somente quando o

resultado são extensões de solo descoberto ou com vegetação muito rala, sem a presença de cultivos (LEITE et al., 2003; SAMPAIO et al., 2003).

Existem no Brasil quatro grandes núcleos que se encontram com degradação avançada chegando ao patamar de desertificação. São eles: a região do Seridó do Rio Grande do Norte e da Paraíba, que apresentam como agentes determinantes da degradação, o desmatamento da Caatinga para a extração de lenha e argila, o uso intensivo dos recursos naturais e superpastejo; o núcleo de Irauçuba no Ceará é outra região que também é bastante castigado por desmatamentos, bem como pela prática de queimadas e ocupação desordenada do solo; o núcleo de Gilbués no Piauí, tem sido degradado pelas atividades de mineração e pecuária extensiva; e o núcleo de Cabrobó em Pernambuco, que sofre com o desmatamento e salinização do solo, bem como o superpastejo (SECTMA, 2004).

A mais atual iniciativa de mapeamento da cobertura vegetal e uso das terras dão conta que a área do Bioma Caatinga ainda apresenta 40,56% remanescentes de vegetação nativa. O restante do ecossistema está comprometido com algum processo de degradação (SÁ & SÁ, 2007). Ainda segundo estes autores é notório que a região de fronteira entre Pernambuco, Ceará, Piauí e Bahia apresenta uma grande frente de desmatamento, possivelmente relacionadas ao impacto das atividades do “Pólo Gesseiro do Araripe”.

A Região do Araripe Pernambucano é uma área onde há grande pressão sobre os recursos naturais, especialmente os recursos florestais. A ação antrópica se processa com grande intensidade, resultando em áreas degradadas pelo consumo de lenha para atender a diferentes setores econômicos. Esta situação vem exigindo do poder público, do setor produtivo e do terceiro setor, atenção especial para conter a pressão sobre os recursos florestais, bem como medidas para evitar o processo de degradação ambiental (SECTMA, 2007).

Segundo Cavalcanti e Araújo (2008), a utilização da Caatinga ainda se fundamenta em processos meramente extrativistas para a obtenção de produtos de origem pastoril, agrícola e madeireiro. Estes autores ainda ressaltam que esse modelo predatório já se faz sentir principalmente nos recursos naturais renováveis da caatinga, observando perdas irrecuperáveis da diversidade florística e faunística, acelerado processo de erosão e declínio da fertilidade do solo e da qualidade da água.

Uma das técnicas do sensoriamento remoto que vem se desenvolvendo para analisar mudanças no ambiente utilizando imagens de satélite é a Análise por Componentes Principais (ACP). Esta é uma técnica de transformação linear que é utilizada com diferentes propósitos: realce e correlação de bandas, classificações, compressões de dados, simulação de bandas pancromáticas, até detecção de mudanças (CONESE et al., 1988).

Byrne et al. (1980), Richards (1993) e Lee et al. (1990), utilizaram este método com apenas duas bandas de datas diferentes, ressaltando que este procedimento ajuda a evitar dificuldades de interpretação que ocorrem com o uso maior do número de bandas. Esta técnica foi utilizada por Lee et al. (1990) em estudo de desertificação. Richards (1993) utilizou esta técnica em avaliações multitemporais, demonstrando que a mesma explora a correlação das bandas de imagens multitemporais de regiões que sofrem modificações substanciais da paisagem.

Este processamento também foi utilizado por Maldonado (2004) para determinar mudanças em ambiente semiárido com resultados satisfatórios da ordem de 68% de precisão sem necessitar utilizar processamentos digitais dispendiosos.

A análise da cobertura vegetal da Região do Araripe Pernambucano e a dinâmica da paisagem são de extrema importância para a avaliação dos recursos naturais ali existentes e o sensoriamento remoto torna-se então uma ferramenta importantíssima na quantificação destes fenômenos, uma vez que pode fornecer informações de forma rápida e com precisão aceitável. Por esses aspectos o presente estudo teve como objetivo avaliar o estágio atual da cobertura vegetal e as mudanças ocorridas entre os anos de 1998 e 2008 na região do Araripe Pernambucano com o intuito de provar a hipótese de que o desmatamento desta região pode está causando processos de desertificação.

Material e Métodos

O estudo foi realizado entre junho de 2013 a setembro de 2015, em áreas próximas do entorno da Usina Hidrelétrica Luiz Gonzaga, localizada no rio São Francisco (Bahia e Pernambuco), a 25 km da jusante da cidade de Petrolândia/PE (CODEVASF, 2010).

A altitude da bacia na região varia de 200 a 800 metros e caracterizada por topografia ondulada (8 - 20%), com vales muito abertos, relevo francamente dissecado com predominância de cobertura arenosa. Segundo a classificação climática Köppen-Geiger (BSH) é semiárido quente e seco e, vegetação

da Caatinga.

A precipitação média é de 450mm, com estação chuvosa, ocorrendo nos meses de fevereiro a maio e com estação seca, ocorrendo nos meses de junho a janeiro e a temperatura média anual é de 27°C (CHESF, 2013).

Foram utilizadas para as análises as imagens ETM - Echanced Thematic Mapper Plus obtidas a partir do satélite LANDSAT 7, obtidas em julho de 2001, com composição colorida RGB e bandas 543, com nove classes de uso e ocupação das áreas, são elas: solo exposto; água; a caatinga hiperxerófila, antropizada, padrão arbustiva rala, padrão rala, padrão densa e padrão arbórea; agricultura e urbana (CHESF, 2013).

A caracterização da vegetação presente nas áreas foi determinada como: caatinga hiperxerófila e solo exposto (A1, A5, A6); somente solo exposto (A3, A4, A8, A11 e A12); somente caatinga hiperxerófila (A7); caatinga hiperxerófila antropizada e solo exposto (A9, A10, A13, A14, A15 e A16) e Caatinga padrão arbóreo (A2).

Foram selecionadas e mapeadas 16 (dezesesseis) áreas experimental e posterior monitoradas, a cerca de técnicas erosivas aplicadas ao estudo, conforme Figura 1. Com o reconhecimento da área, realizou-se o planejamento do estudo, conforme o método descrito a seguir.

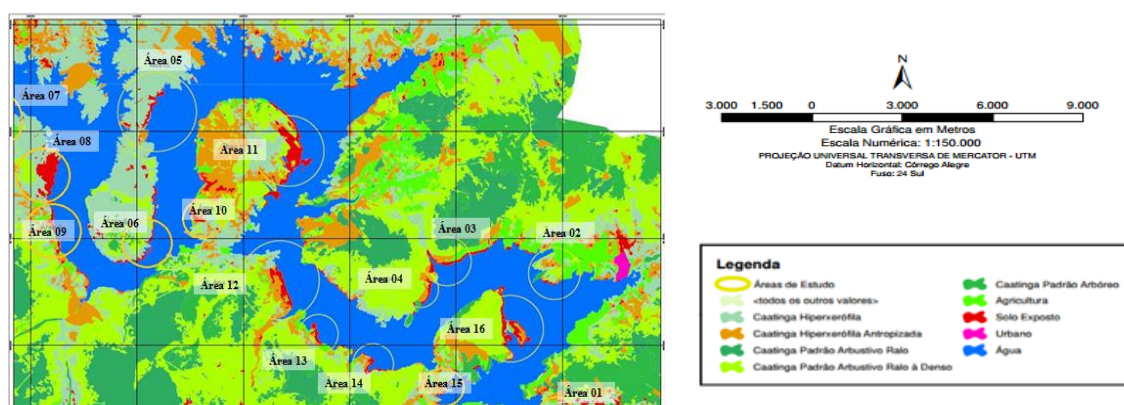


Figura 1. Delimitação das áreas de uso e ocupação do solo no entorno da usina hidrelétrica Luiz Gonzaga/PE.

As amostras de sedimentos do fundo do reservatório foram coletadas em três pontos: P1, P2 e P3, localizados a 10 (dez) metros da extensão da área marginal erodida entre si, com quatro repetições. Foi utilizada uma draga (*Petite Ponar*), caracterizada pelo seu sistema de desarme (tipo alavanca) e capacidade de coleta de 4 litros. Em seguida, as amostras foram homogeneizadas, acondicionadas em sacolas plásticas, identificadas e enviadas para análise no laboratório AGROLAB – Análises Ambientais.

As coordenadas em UTM dos pontos de coletas dos sedimentos foram obtidas por meio de equipamento receptor *Global Positioning System* (GPS), modelo Garmim E-Trex Vista. Utilizou-se embarcação tipo voadeira, com motor Yamaha de 40 HP, com capacidade para nove pessoas, para auxiliar nos deslocamentos com as amostras de solo e sedimentos dentro do reservatório.

Após a caracterização física do solo e sedimentos no final do reservatório realizou-se a determinação granulométrica, com o método do densímetro, aplicando o dispersante químico hexametáfosfato de sódio preconizada por Lemos e Santos (1996); e a densidade do solo (DS) pelo método da proveta, conforme EMBRAPA (2011).

O uso da técnica dos “pinos de erosão” é comumente utilizado, por ser uma metodologia barata e simples. São justificadas ao medir visualmente a ocorrência de rebaixamento superficial de camada de solo em áreas com processos erosivos, como descritos por Bertoni e Lombardi Neto (2014), Morgan (2009) e Guerra (2005). São enterrados parcialmente e o aparecimento das marcas graduadas facilita a leitura e comprova o processo erosivo (SCARPINELLA, 2012).

Foram fixados os pinos ao redor das áreas de erosão. Esses pinos de erosão (identificados) possuem dimensões de 4 x 4 x 40 cm e foram instalados 5 cm acima da superfície do solo, longe de interferência humana e/ou animal, afastadas a 10 metros da borda do reservatório. O monitoramento dos pinos de erosão foi realizado a cada 3 meses, com medições (mm) sob a exposição do pino em relação ao solo, com total de 8 repetições, durante 2 anos.

Os pontos de localização desses pinos foram georreferenciados e distanciados um dos outros com

variação dependendo da dimensão do desbarrancamento (Tabela 1).

Tabela 1. Especificação das coordenadas em UTM dos pinos de erosão utilizados nas áreas experimentais no entorno da usina hidrelétrica Luiz Gonzaga/PE

Áreas	EPE	NPE	LRP	DSL
	M		UTM	%
1	20 x 10	24	0579527 - 8992444	6
			0579508 - 8992418 -	
			0579599 - 8992436 -	
			0579554 - 8992408	
2	20 x 10	24	0579115 - 9005926	6
			0579109 - 9005898	
			0579156 - 9005916	
			0579148 - 9005888	
3	20 x 10	21	0571775 - 9008754	5
			0571725 - 9008724	
			0571757 - 9008766	
			0571714 - 9008742	
4	20 x 30	15	0567713 - 9007456	6
			0567694 - 9007512	
			0567749 - 9007472	
			0567730 - 9007528	
5	-	1	0544527 - 0544527	6
6	-	1	0537486 - 9008090	3
7	-	1	0522024 - 9027734	6
8	-	1	0532433 - 9016485	6
9	-	1	0532709 - 9009641	6
10	20 x 10	15	0545139 - 9010386	6
			0545130 - 9010324	
			0545123 - 9010248	
			0505113 - 9010336	
11	-	1	0554409 - 9016246	8
12	20 x 10	24	0553485 - 9006592	8
			0553447 - 9006576	
			0553500 - 9006614	
			0553448 - 9006550	
13	20 x 20	24	0557016 - 9000468	6
			0556999 - 9000446	
			0557046 - 9000442	
			0557035 - 9000426	
14	40 x 50	20	0561003 - 8998852	6
			0560988 - 8998878	
			0560976 - 8998830	
			0560956 - 8998856	
15	-	1	0568521 - 8995076	6
16	-	1	0576098 - 9001709	6

Legenda: EPE = espaçamento entre pinos de erosão; NPE = número de pinos de erosão; LRP = limite das redes de pinos e DSL = declividade de solo.

Para a erosão laminar dos solos das áreas estudada, foram verificados as classes e os níveis de erosão, conforme Pereira (2006). A determinação da perda de solo ocasionada pela erosão laminar, conforme equação 1, sugerida por Guerra (2005) (Eq. 1).

$$PSE = H_s \times EXT \times D_a \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde: PSE = estimativa de perda do solo com erosão laminar; H_s = é a altura média da exposição dos pinos (m); EXT = é a área monitorada (m²); e D_a = é a densidade aparente do solo (kg/m³).

Em seguida, fez-se o cálculo da perda de solo por desbarrancamento marginal, de acordo com a

Equação 2.

$$PSD = HB \times EXT \times D_a \quad (Eq. 2)$$

Onde: PSD = refere-se ao fator da perda do solo através do desbarrancamento marginal; e HB = é a altura média do barranco (m).

Quanto à altura média do barranco realizou-se o levantamento planialtimétrico pelas margens das áreas experimentais com a técnica de posicionamento RTK (*Real Time Kinematic*), utilizando o auxílio do receptor GPS TOPCON TPS GR3 (com frequências L1 e L2). Dessa forma, foram registrados os dados de posicionamento do topo do barranco, em frente a cada um deles, com o auxílio do pino de monitoramento de desbarrancamento.

Visando avaliar o enquadramento dos resultados obtidos da perda de solo através da erosão laminar e da perda de solo através do desbarrancamento marginal com susceptibilidade à erosão, adotou-se a classificação proposta por Pereira (2006).

Os solos foram classificados conforme os Procedimentos Normativos de Levantamentos Pedológicos (EMBRAPA, 1995) e a identificação das classes de solos baseou-se no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, SiBCS, (EMBRAPA, 2006), até o terceiro grau categórico. Foram abertas trincheiras (T1 a T16), sendo uma em cada área experimental, totalizando 16 (dezesesseis).

O mapa de solos foi elaborado pelo programa computacional SURFER 10 (GOLDEN SOFTWARE INC, 2011). Os *shapes* da área foram fornecidos pela Companhia Hidrelétrica do São Francisco - CHESF, em seguida, importados para o ambiente de trabalho e conseguinte plotagem. Nessa etapa, foram realizadas todas as manipulações de mapa que incluiu a mudança de níveis, os filtros de coloração e os contornos, inserção das escalas de cores, norte magnético e textos, entre outros, elencando os tipos gráficos existentes no mapa da área. Para que houvesse a junção dos mapas, foi necessária a aplicação da técnica Overlay dos *shapes* manipulados.

A estatística descritiva foi analisada pelo coeficiente de correlação de Pearson e Matriz de Scatterplots com nível de significância de 0,05 (probabilidade de erro de 5%). Para a execução das análises dos resultados, foram empregadas planilhas de cálculo no Microsoft Office Excel para obtenção dos gráficos.

Resultados e Discussão

Na Tabela 2, observa-se os dados trimestrais da altura média de solo erodido, altura da exposição dos pinos de erosão, extensão da área monitorada e a densidade aparente média do solo nas áreas no entorno da Usina Hidrelétrica.

Tabela 2. Estimativa da perda de solos por erosão laminar nas áreas no entorno da Usina Hidrelétrica de Luiz Gonzaga - PE durante dois anos

Áreas	HS M	EXT m ²	DA Kg m ⁻³	PSE Kg ha ⁻¹ ano ⁻¹
1	0,010	10.000 m ²	1,70	85,00
2	0,018		1,64	147,60
3	0,012		1,71	205,20
4	0,014		1,70	102,60
5	0		-	-
6	0		-	-
7	0,012		1,50	90,00
8	0,014		1,51	105,70
9	0,013		1,52	98,80
10	0,014		1,63	114,10
11	0		-	-
12	0,020		1,73	173,00
13	0,016		1,69	135,20
14	0,009		1,66	74,70
15	0,017		1,66	141,10
16	0,014		1,60	112,00

Legenda: HS = altura da exposição dos pinos de erosão; EXT = extensão área monitorada; DA = densidade aparente média do solo e PSE = perda de solo.

Observa-se que os valores médios da densidade aparente variaram entre 1,50 a 1,73 kg m⁻³, conferindo condições favoráveis para o desenvolvimento radicular de culturas a serem instaladas no local.

As perdas de solo não foram maiores devido à declividade das áreas apresentarem relevo plano na área 6 e relevo suave a ondulado nas demais áreas do estudo. Estas menores perdas podem estarem associadas à mineralogia do solo e à cobertura vegetal, que acabam criando uma superfície irregular, reduzindo a velocidade da enxurrada e o transporte de solo.

Foram consideradas a classe 1 e nível muito baixo (< 6 t ha⁻¹ ano⁻¹) para todas as áreas; exceto 5, 6 e 11, nas quais a altura da exposição dos pinos de erosão foi nula. Provavelmente, a perda muito baixa é influenciada pelo relevo suave a ondulado em 95% das áreas estudadas (Lopes et al., 2015).

Na Tabela 3 encontram-se os dados trimestrais da altura média do barranco, da extensão da área monitorada e da densidade aparente do solo. Eles foram necessários para a estimativa do cálculo da perda de solo através do desbarrancamento marginal nas áreas no entorno da usina, no período de dois anos, conforme metodologia.

Tabela 3. Estimativa de perda de solos através de desbarrancamento marginal nas áreas no entorno da Usina Hidrelétrica de Luiz Gonzaga - PE, no período de dois anos

Áreas	HB	EXT (HB x 1000)	DA	PSD
	M	m ²	Kg m ⁻³	Kg ha ⁻¹ ano ⁻¹
1	-	-	-	-
2	1,83	1.830	1,64	30.012,00
3	10,00	10.000	1,71	256.500,00
4	6,46	6.480	1,70	82.365,00
5	0,44	440	1,42	3.124,00
6	2,43	2.430	1,60	155.520,00
7	4,34	4.340	1,50	195.300,00
8	0,66	660	1,51	24.915,00
9	1,39	1.390	1,52	63.384,00
10	-	-	-	-
11	4,60	4.600	1,67	384.100,00
12	3,30	3.300	1,73	85.635,00
13	0,88	880	1,69	7.436,00
14	-	-	-	-
15	0,40	400	1,66	3.320,00
16	2,04	2.040	1,60	48.960,00

Legenda: HB = altura média do barranco; EXT = extensão da área monitorada; DA = densidade aparente média do solo e PSD = perda de solo do desbarrancamento marginal

Os parâmetros de comparação para as perdas de solo através de desbarrancamento marginal das áreas estudadas foram às classes e níveis de erosão, conforme Pereira (2006). Os resultados se configuraram como: classe 1 e o nível muito baixo (< 6 t ha⁻¹ ano⁻¹) para as áreas 2, 5, 8, 13, 15 e 16; a classe 2 e o nível baixo (6 a 11 t ha⁻¹ ano⁻¹) para as áreas 4, 9 e 12; a classe 3 e nível moderado (11 a 22 t ha⁻¹ ano⁻¹) para as áreas 6 e 7; a classe 4 e nível alto (22 a 33 t ha⁻¹ ano⁻¹) para a área 3; e a classe 5 e nível severo (>33 t ha⁻¹ ano⁻¹) para a área 11. Para as áreas 1, 10 e 14, a altura média dos barrancos foi considerada nula.

Embora para a região de estudo não se tenha trabalhos relatando os limites de tolerância para perda de solo, confrontando com trabalhos da literatura, estas perdas, que variaram de 85,00 a 205,20 kg ha⁻¹ ano⁻¹, se assemelham aos limites de tolerância de perda de solo. Bertoni e Lombardi Neto (2014), apontaram para alguns solos pouco desenvolvidos do estado de São Paulo, amplitudes de tolerância de perdas de solo de 1,9 a 7,3 t ha⁻¹ ano⁻¹ para o solo antes denominado de Litossolo e 9,7 a 16,5 t ha⁻¹ ano⁻¹ para o Regossolo, com uma média ponderada em relação à profundidade de, respectivamente, 4,2 e 14,0 t ha⁻¹ ano⁻¹. Oliveira et al. (2008) verificaram que a tolerância de perdas de solo por erosão é em torno de 5 mg/ha/ano para Neossolos do estado da Paraíba, enquanto Silva et al. (2005) citam limites de tolerância de 12,70 e 5,60 mg ha⁻¹ ano⁻¹ por ano para, respectivamente, solos tipos Latossolo e Cambissolo, da região de Lavras/MG.

A composição granulométrica das amostras de solo do desbarrancamento marginal das áreas estudadas e dos sedimentos do reservatório da Usina Hidrelétrica de Luiz Gonzaga, durante o período

de 2 anos, encontra-se na Tabela 3. Verifica-se que a composição granulométrica das amostras dos solos do desbarrancamento marginal apresentou maiores quantidades de AG 840,00 g.cm⁻³ para área 3; de AF 565,00 g cm⁻³ para área 9, de S 146,00 g cm⁻³ para área 5 e de ARG 228,00 g cm⁻³ para área 6.

Tabela 3. Valores médios da caracterização física do solo e dos sedimentos nas áreas estudadas do entorno da Usina Hidrelétrica de Luiz Gonzaga/PE, durante o período de dois anos

Áreas	Solos do desbarrancamento marginal					Sedimentos				
	AG	AF	S	ARG	Classe Textural	AG	AF	S	ARG	Classe Textural
	g.cm ⁻³					g.cm ⁻³				
1	786	158	16	40	Areia	639	280	55	26	Areia
2	648	284	24	20	Areia	833	127	20	20	Areia
3	840	118	0	40	Areia	694	266	20	20	Areia
4	570	361	49	20	Areia	685	277	18	20	Areia
5	404	246	146	224	Franco Arenosa	325	245	183	247	Franco Arenosa
6	380	232	140	228	Franco Arenosa	509	251	140	100	Franco Arenosa
7	450	488	8	54	Areia	489	471	20	20	Areia
8	550	375	30	45	Areia	467	493	20	20	Areia
9	359	565	34	42	Areia	723	230	21	26	Areia
10	538	280	38	144	Franco Arenosa	388	356	176	80	Franco Arenosa
11	430	488	18	64	Areia	468	492	20	20	Areia
12	600	360	20	20	Areia	689	271	20	20	Areia
13	617	323	40	20	Areia	687	244	42	27	Areia
14	777	154	29	40	Areia	689	255	36	20	Areia
15	530	162	108	200	Franco Arenosa	552	193	135	120	Franco Arenosa
16	465	425	48	62	Areia	634	324	22	20	Areia

Legenda: AG = areia grossa, AF = areia fina, S = silte e ARG = argila.

Os solos do desbarrancamento marginal apresentam percentuais de AG maiores que 35%, o que propicia as margens uma suscetibilidade à erosão, principalmente nos Neossolos. A instabilidade da margem associada à ausência de vegetação ciliar contribui para o aporte de sedimento no reservatório da usina. A classe textural das amostras dos solos do desbarrancamento marginal apresentou textura areia nas áreas 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14 e 16; com mais de 90% de areia, e argila e silte com menos de 6 e 4%, respectivamente. Nas áreas 5, 6, 10 e 15 apresentaram textura franco arenosa, com mais de 63% de areia, e argila e silte com menos de 22 e 15%, respectivamente (Tabela 3).

A composição granulométrica das amostras dos sedimentos do reservatório apresentou maior quantidade AG 833,00 g.cm⁻³ para área 2; de AF 493,00 g cm⁻³ para área 8, de S 183,00 g cm⁻³ para área 5 e de ARG 247,00 g cm⁻³ para área 5.

A classe textural das amostras dos sedimentos do reservatório apresentou textura arenosa nas áreas 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14 e 16; com mais de 90% de areia, e argila e silte com menos de 6 e 4%, respectivamente, conforme a Tabela 3. As áreas 5, 6, 10 e 15 apresentaram textura franco arenosa, com mais de 63% de areia, e argila e silte com menos de 22 e 15%, respectivamente. O sedimento depositado apresentou a mesma composição textural do solo do desbarrancamento marginal das áreas estudadas, evidenciando que o solo está sendo transportado para o reservatório.

Avaliando a matriz de Scatterplots dos parâmetros físicos das amostras de solo do desbarrancamento marginal com os sedimentos do reservatório da usina, verificam-se comportamentos comuns entre as variáveis AG e AF; e S e ARG (Figuras 2A e 2B). A AG correlacionou negativamente com AF e apresentou uma linearidade negativa, tanto nos parâmetros físicos das amostras de solo do desbarrancamento marginal quanto para os sedimentos ($r = -0,63$ $p < 0,05$) e ($r = -0,65$, $p < 0,05$), respectivamente. Para maiores valores de AG, foram encontrados menores valores de AF. Williams et al. (1976) e Silva (2015), verificaram que a areia correlacionou negativamente com todos os parâmetros físicos (areia grossa, areia fina, silte e argila) dos sedimentos no reservatório estudado.

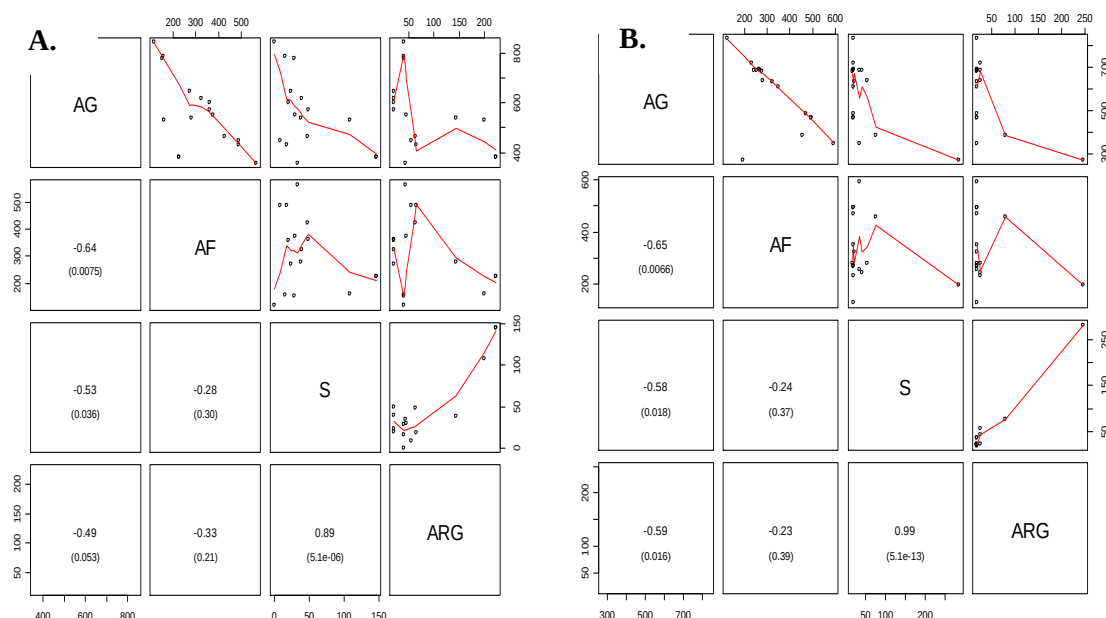


Figura 2. Matriz de Scatterplots para as variáveis: física do solo (A); sedimentos (B) do desbarrancamento da usina Hidrelétrica de Luiz Gonzaga/PE.

Os dados correlacionaram positivamente com ARG, tanto nos parâmetros físicos das amostras do solo do desbarrancamento marginal, quanto para os sedimentos ($r = 0,89$, $p < 0,05$) e ($r = 0,99$, $p < 0,05$), respectivamente. A deposição de sedimentos finos ou coesivos como silte e a argila (com diâmetro menores que $< 0,65$ mm), nos pontos coletados, ocorreram devido a baixa velocidade das águas do reservatório, corroborando com Santos (2015).

Williams (1976) e Silva (2015) verificaram que a areia correlacionou negativamente com todos os parâmetros físicos dos sedimentos estudados.

Os sedimentos, uma vez presentes no ecossistema aquático, passam a ter um papel importante para a biota através do fornecimento de nutrientes e energia. Além disso, os sedimentos cumprem função de regulação da qualidade da água por sua capacidade de reter e liberar poluentes (GOLTERMAN et al., 1983). Entretanto, podem prejudicar os usos múltiplos da água, interferir na penetração da luz e calor dos corpos hídricos necessários para a fotossíntese e salubridade dos corpos hídricos. Além de atuar como portadores de outros poluentes e causar abrasão em equipamentos eletromecânicos e estruturas hidráulicas, segundo Carvalho (2008).

Conclusão

Os solos nas áreas do entorno do reservatório da usina Hidrelétrica Luiz Gonzaga foram classificados como Neossolo Regolítico Eutrófico (RRe), na área 1; Neossolo Litólico Eutrófico (RLe), nas áreas 2, 3, 12, 13 e 4; Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo), nas áreas 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 16; Luvisolo Crômico Órtico (TCo), na área 5 e Planossolo Háplico Eutrófico (SXe), na área 15.

As perdas de solo nas áreas estudadas variaram de 85,00 a 205,20 $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$, sendo próximas dos limites de tolerância da literatura.

A perda de solo do desbarrancamento marginal no entorno do reservatório variou do nível muito baixo ($< 6 \text{ t ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) à severo ($> 33 \text{ t ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$).

Referencias

- ANA. Agência Nacional de Águas. Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na Bacia do São Francisco: Subprojeto 4.5 C – Plano 163. Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco PBHSF (2004-2013). Estudo Técnico de Apoio ao PBHSF – Nº 10, Versão 1.0. Relatório Final: versão preliminar do plano decenal da bacia do rio São Francisco. Brasília: ANA, 2004.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 9. ed. São Paulo: Ícone, 2014.
- BERTOL, I.; ALMEIDA, J. A. Tolerância de perda de solo por erosão para os principais solos do estado de Santa Catarina. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.24, p.657-668, 2000.

- BRASIL. Ministério de Integração Nacional. Sistema Itaparica. CODEVASF. 2010. Disponível em: <<http://www.codevasf.gov.br/programasacoes/sistema-itaparica-1>>. Acesso em: 28 mai. 2018.
- CORTEZ, J. R. Desempenho de modelos numéricos em estudos de assoreamento de reservatórios – caso UHE Aimorés. 116f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Ambiental). Escola de Engenharia da Universidade Federal Minas Gerais. Belo Horizonte, 2013.
- CHESF. Companhia Hidroelétrica do São Francisco. Departamento de meio ambiente. Mapeamento e monitoramento dos processos erosivos nas encostas da Usina Hidrelétrica de Itaparica. Recife: CHESF, 2013.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Manual de métodos de análises de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: procedimentos normativos de levantamentos pedológicos. Brasília: Embrapa-SPI. 1995.
- EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2006.
- GOLDEN SOFTWARE. Surfer 10. Quick Start Guide Contouring and 3D Surface Mapping for Scientists and Engineers. 2011. Disponível em: <<http://www.goldensoftware.com>>. Acesso em: 07 dez. 2015.
- GOLTERMAN, H. L.; SLY, P. G.; THOMAS, R. L. Study of the relationships between water quality and sediment transport. A guide for the collection and interpretation of sediment quality data. Technical Papers in Hydrology, n.26, 1983.
- GUERRA, A. J. T. Experimentos e monitoramentos em erosão dos solos. Revista do Departamento de Geografia, n.16, p.32-37, 2005.
- JANZEN, H. H. Soil carbon: A measure of ecosystem response in a changing world? Canadian Journal of Science, v.85, n.4, p.467-480, 2005.
- LEMOES, R. C.; SANTOS, R. D. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 3. ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Embrapa - CNPS, 1996.
- LOPES, J. W. B.; ARAÚJO NETO, J. R. de; PINHEIRO, E. A. R. Produção de sedimentos e assoreamento em reservatório no semiárido: o caso do açude Marengo, Ceará. Revista Eletrônica do Curso de Geografia, n.24, p.16-31, 2015.
- MORGAN, R. P. C. Soil Erosion and Conservation. Australia, Blackwell Science, 2009.
- PEREIRA, A. R. Determinação da perda de solo: boletim técnico nº 001. Belo Horizonte: FAPI, 2006.
- OLIVEIRA, F. P.; SANTOS, D.; SILVA, I. de F. da; SILVA, M. L. N. Tolerância de perda de solo por erosão para o estado da Paraíba. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v.8, p.60-71, 2008.
- TELLES, T. S.; DECHEN, S. C. F.; GUIMARÃES, M. F. Institutional landmarks in Brazilian research on soil erosion: a historical overview. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.37, p.1431-1440. 2013.
- TELLES, T. S.; GUIMARÃES, M. F.; DECHEN, S. C. F. The costs of soil erosion. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.35, p.287-298, 2011.
- SÁ, I. I. S.; GALVÍNCIO, J. D.; MOURA, M. S. B. de; SÁ, I. B. Avaliação da degradação ambiental na região do Araripe Pernambucano utilizando técnicas de sensoriamento remoto. Revista Brasileira de Geografia Física, v.6, p.1292-1314, 2011.
- SANTOS, B. S. Estudo da concentração de sedimentos em suspensão no reservatório de Mogi-Guaçu (SP). São Carlos, SP. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade Federal de São Paulo, 2015.
- SILVA, A. M.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; LIMA, J. M. de; AVANZI, J. C.; FERREIRA, M. M. Perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em Cambissolo e Latossolo sob chuva natural. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.40, p.1223-1230, 2005.
- SCARPINELLA, G. A. de. Erosão em carreadores da cultura da cana-de-açúcar: estudo de caso na bacia do Ribeirão do Feijão (SP). 219p. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental). Universidade de São Paulo. São Carlos, 2012.
- WILLIAMS, J. D. H.; JEQUER, J. M.; TSOUAS, R. L. Forms of phosphorus in the surficial sediments of Lake Erie. J. Fish. Res. Board Can, v.33, p.429-413, 1976.

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E GEOTÉCNICA DE UM SOLO PROVENIENTE DAS OBRAS DO PROSAMIM III, NA CIDADE DE MANAUS/AM

¹Eduarda Pereira Barbosa

²Elma Dayane Silva de Almeida

³Frank Albert Soares Araújo

⁴Frank Hudson de Souza Rebelo

⁵Jociane da Silva Araújo

⁶Marcos Valério Mendonça Baia

⁷Raquel Andrade de Aquino

⁸Nilton de Souza Campelo

^{1,2,3,4,5,6,7,8} UFAM, Manaus, Brasil, eduardapereira@ufam.edu.br
elmadayane@gmail.com; araujo.albert@gmail.com;
hudson.rebelo@gmail.com;
jociane88@gmail.com; marcosbaia@ufam.edu.br;
raquel_andrade_83@hotmail.com; ncampelo@uol.com

Introdução

Manaus possui características geográficas peculiares na sua malha urbana, com a existência de cursos d'água em toda sua extensão. Por fatores culturais, socioeconômicos e geográficos a população manauara sempre ocupou as margens dos igarapés, no entanto, alguns fatores intensificaram esta ocupação como, por exemplo, o processo migratório na década de 60, com a criação da Zona Franca de Manaus (LEMOS, 2010). As principais consequências desta ocupação desenfreada e desordenada foram a destruição dos ecossistemas existentes nos locais ocupados e a formação de um cenário urbanístico marcado pela deficiência e ausência dos sistemas públicos de transporte, saneamento básico, comunicação, energia, segurança, entre outros.

Em 14 de abril de 2005, através da Lei-Delegada nº 021, foi criado pelo Governo do Estado em ação conjunta com o Governo Municipal, o Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus (PROSAMIM), cujo objetivo é contribuir para as soluções da problemática ambiental, social e urbanística que afeta parte da população manauara. Onde o foco principal é a reabilitação, implantação dos sistemas de saneamento básico e recuperação de áreas ambientais que possam promover a melhoria das condições de habitação da população, prioritariamente nas áreas de igarapés da cidade. O programa encontra-se atualmente em sua terceira fase, denominada de PROSAMIM III, onde foi definida como área de intervenção prioritária a Sub-Bacia do Igarapé São Raimundo.

A mesma pertence a Bacia Hidrográfica do São Raimundo que abrange 16 bairros, estende-se da zona norte até a zona central da cidade de Manaus e limita-se com o Rio Negro. Ocupa uma área de 11.961,80 ha, onde residem aproximadamente 6.000 famílias ribeirinhas de baixa renda e alta vulnerabilidade social (MARQUES, 2008).

A Sub-bacia do Igarapé São Raimundo possui extensas margens e áreas de inundação abaixo da cota de 30,00 m e encontra-se densamente ocupada com cerca de 92 hab/ha. Nesta região predomina a ocupação de forma irregular e inadequada por palafitas e construções de alvenaria que periodicamente são afetadas pelas cheias e vazantes do Rio Negro, além dos alagamentos agravados e gerados pelo acúmulo de dejetos lançados nos igarapés por moradores e transeuntes locais (RELATÓRIO DE GESTÃO AMBIENTAL E SOCIAL, 2011).

A ocupação desordenada transformou esta região em área de riscos geotécnicos, o que faz com que sejam necessários estudos detalhados sobre os solos da mesma.

Roque (2006) afirma que, Manaus encontra-se inserida na Bacia Sedimentar do Amazonas, a qual é constituída por rochas, pelíticas paleozóicas e por sedimentos mais recentes, do Cretáceo Superior e Terciário. Onde as unidades geológicas que compõem o município são os aluviões e as Formações Solimões, Alter do Chão e Nhamundá.

A Formação Solimões é constituída de argilitos vermelhos mosqueados, siltíticos e raramente consolidados, de origem flúvio-lacustre. A Formação Alter do Chão é constituída por sedimentos fluviais de coloração avermelhada e fracamente consolidados, incluindo essencialmente argilitos, arenitos

feldspáticos/cauliníticos, quartzo-arenitos e conglomerados. A Formação Nhamundá é constituída por quartzo-arenitos com intercalações de folhetos, predominantemente brancos com granulometria fina a muito fina (BRASIL-MME, 1978).

Segundo Alves (2013), Manaus encontra-se na faixa de domínio do clima tropical, característico de grande parte do Brasil, o qual é marcado por duas estações que podem ser diferenciadas quanto ao nível de precipitação.

De acordo com Roque (2006), os solos de regiões tropicais apresentam comportamentos particulares quando utilizados como material de engenharia, consequente de seu processo de formação, pois fatores como o transporte e deposição proporcionada pela ação intempérica, estão diretamente ligadas às propriedades mecânicas do material, dessa forma nesses solos é necessária uma análise geotécnica voltada para os estudos das propriedades relacionadas à gênese do solo.

Souza (1980) comenta que a pedogênese dos solos das regiões temperadas e tropicais apresenta uma diferença muito grande. Em relação à umidificação e secagem, nas regiões temperadas os finos se encontram quase sempre dispersos e, quando se umidificam, a água envolve separadamente cada grão, provocando a expansão; já os solos de regiões tropicais apresentam estrutura concrecionada e a presença de hidróxidos de ferro permite a absorção de água sem que ocorra a expansão.

Villibor et al. (2007) também observaram que, estes solos apresentam uma série de particularidades decorrentes das condições ambientais sendo, portanto, necessário conceituar os tipos genéticos de solos dessas regiões específicas. Dentre os solos típicos de regiões tropicais úmidas, destacam-se os solos Lateríticos e os solos Saprolíticos.

Para os solos tropicais foi desenvolvido um sistema de classificação específico denominado MCT (Miniatura Compactado Tropical), introduzido no Brasil por Nogami e Villibor (1980), que classifica os solos de acordo com as características específicas determinadas nos ensaios de Mini MCV e de perda de massa por imersão.

O objetivo desta pesquisa é a caracterização físico-química e geotécnica de um solo proveniente das obras da Ligação Viária Luiz Antony (LLA) pertencente ao PROSAMIN III, que visa interligar a zona oeste a zona sul de Manaus.

Material e Métodos

Localização da Área de Estudo

O trecho de intervenção do PROSAMIM III está localizado entre as coordenadas 03°07'42,6"S e 060°02'02,9"W; estende-se das imediações da Avenida Kako Caminha até a confluência do igarapé São Raimundo com o Rio Negro, limitado a leste pela Avenida Constantino Nery e a oeste pela orla do Rio Negro e Avenida Presidente Vargas (Figura 1).

O solo estudado neste trabalho é proveniente das obras da Ligação Viária Luiz Antony, que visa interligar a zona oeste a zona sul de Manaus.

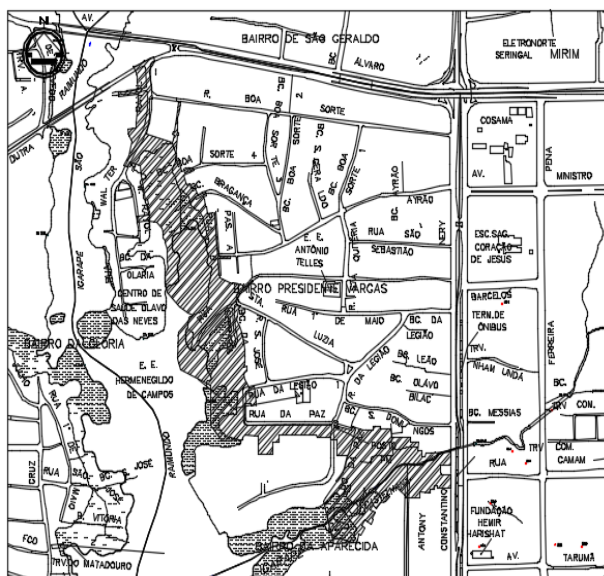


Figura 1. Planta Geotécnica- Ligação Viária Luiz Antony. Fonte: UGPE (2017).

Coleta e Preparação das Amostras

O solo analisado foi coletado da estaca 32 na cota de 18,64 m, na primeira faixa da orla do igarapé, por meio de cava aberta para expurgo de solo mole.

Para a realização dos ensaios, a amostra foi primeiramente seca ao ar livre, posteriormente destorroada de forma manual e peneirada, e utilizou-se o material passante na peneira de 4,8 mm.



Figura 2. Procedimentos de preparo das amostras.

Caracterização Física

Os ensaios de determinação dos parâmetros físicos do solo em estudo foram realizados no Laboratório de Pavimentação na Faculdade de Tecnologia (FT) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), de acordo com os procedimentos descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Procedimentos para caracterização física do solo

Parâmetros Determinados	Métodos Utilizados
Análise Granulométrica	NBR 7181 (ABNT, 2016a)
Densidade Real	DNER-ME 093/94 (DNIT, 1994a)
Limites de Consistência	Limite de Liquidez- NBR 6459 (ABNT, 2016b) Limite de Plasticidade- NBR 7180 (ABNT, 2016c) Limite de Contração- DNER-ME 087/94 (DNIT, 1994b)
Classificação	HRB e UCS
Permeabilidade	NBR 14545 (ABNT, 2000a)

*Caracterização Química**Composição Química*

A composição química em termos de óxidos do solo foi determinada no Laboratório de Ensaios Físico-Químicos/FT/UFAM, através da técnica de espectrometria de fluorescência de raios-X (FRX) por energia dispersiva, com a utilização do Espectrômetro PANalytical, modelo EPSILON 3 XL, tensão máxima de 50 kV, corrente máxima de 3 mA com uso de Gás Hélio (pressão 10 atm./10 kgf/cm²). Utilizou-se a amostra de solo passante na peneira de nº 200.

Composição Mineralógica

A identificação dos minerais componentes da fração argilo arenosa foi realizada por difratometria de raios-X (DRX). As amostras foram analisadas na forma de pó como padrão interno. Os difratogramas de raios-X foram obtidos entre 10 e 80°, 2 θ , fenda de 3mm, tubo de raios X de cobre, fenda de 3mm, Soler de 2,5 graus. O range de varredura foi de 30 kv e 10Am no equipamento Shimadzu XRD-6000 pertencente ao Laboratório de Síntese e Caracterização de Nanomateriais do Instituto Federal do Amazonas (IFAM).

Análise Microestrutural

A morfologia microestrutural do argilomineral foi analisada através de microscopia eletrônica de varredura (MEV) no Laboratório Temático de Microscopia Óptica e Eletrônica do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Com a utilização do equipamento modelo Leo 435 VP, marca Carl Zeiss.

Análise Térmica

Foram utilizadas as técnicas de análise termogravimétrica (TG) e derivada (DTG), além da calorimetria exploratória diferencial (DSC). A análise foi realizada no Laboratório de Ensaios Físico-Químicos/FT/UFAM com a utilização do equipamento SDT Q600 da Ta Instrument, a amostra em forma de pó foi aferida a aproximadamente 10 mg, com taxa de aquecimento de 10 °C/min até a temperatura final de 1000 °C, com fluxo de gás N 5.0 de 30 ml/min. O cadinho utilizado nos testes foi o de alumina de 90 microlitros sem tampa.

pH

O ensaio de determinação do pH do solo foi realizado no Laboratório de Físico-Química no Instituto de Ciências Exatas (ICE) da UFAM, em solução com água deionizada, de acordo com o método indicado no Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997).

Teor de Matéria Orgânica

A porcentagem de matéria orgânica no solo foi quantificada por meio do Método de Perda por Aquecimento a 440°C, de acordo com a NBR 13600 (ABNT, 1996).

Capacidade de Troca Catiônica e Superfície Específica

A determinação da capacidade de troca catiônica (CTC) e superfície específica da amostra de solo estudado, foram realizadas no Laboratório de Geoquímica/ICE/UFAM através da técnica de adsorção de azul de metileno.

Conforme procedimento descrito por Gomes (2002), o ensaio de CTC consiste na introdução em quantidades pequenas de azul de metileno por doses sucessivas em uma solução solo-água, em meio agitado, retira-se uma gota da solução solo-água-corante, a qual é pingada em papel filtro padronizado. O objetivo é que seja formada uma aura azulada no bordo da mancha, a qual mostra que há a existência de azul de metileno livre na preparação, isso evidencia que todas as partículas suscetíveis a adsorção do corante está coberta por uma camada dessa substância. Repete-se este procedimento até que se atinja o ponto de excesso ou ponto de viragem.

Gomes (2002) especifica que, para a determinação da superfície específica, a amostra seja diluída em água destilada e agitada fortemente, depois estabilizada com hexametáfosfato de sódio, desta solução são separadas três partes de 5ml em tubos de ensaios que vão para centrífugas durante 5 a 10 minutos, onde adiciona-se o azul de metileno para a determinação do ponto de viragem, também são separadas três amostras em béquer de 20 ml que seguem para secagem em estufa.

*Caracterização Geotécnica**Índice de Intemperização*

O IBGE (2005) atribui índices de intemperização, denominados de Ki e Kr, onde o primeiro mede o grau de decomposição da fração argila presente no solo e o segundo por envolver os teores de ferro, alumínio e silício podendo separar os solos cauliníticos dos solos oxídicos. Tais índices são determinados de acordo com as equações 1 e 2.

$$K_i = 1,7 \times \frac{SiO_2}{Al_2O_3} \quad \text{Eq.(1)}$$

$$K_r = 1,7 \times \frac{SiO_2}{Al_2O_3 + 0,6375 + Fe_2O_3} \quad \text{Eq.(2)}$$

Parâmetros Geotécnicos

As definições dos parâmetros geotécnicos do solo estudado foram realizadas no Laboratório de Pavimentação/FT/UFAM, de acordo com os procedimentos descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Procedimentos para caracterização geotécnica do solo

Parâmetros Determinados	Métodos Utilizados
Compactação	NBR 7182 (ABNT, 2016d)
Índice de Suporte Califórnia e Expansão	NBR 9895 (ABNT, 2016e)
Classificação MCT	Classificação de Solos Tropicais em Equipamento em Miniatura- DNER-CLA 259/96 (DNIT, 1996) Perda de Massa por Imersão- DNER-ME 256/94 (DNIT, 1994d) Mini-MCV- DNER-ME 258/94 (DNIT, 1994e)
Mini-CBR e Expansão	DNER-ME 254/97 (DNIT, 1997)
Compressão Simples	NBR 12025 (ABNT, 2012)

Resultados e Discussão

Caracterização Física

Distribuição Granulométrica

A Tabela 3 representa as frações de pedregulho, areia, silte e argila que compõem as amostras de solo analisadas.

No ensaio de granulometria a massa específica da amostra foi de $2,69 \text{ g/cm}^3$, também possível verificar que solo é em sua maior parte constituído por partículas finas, onde há a predominância da fração argila com variação de 40% para as 3 determinações, além da fração de areia média, que fica em torno de 30%, nota-se também que as demais apresentam valores semelhantes com pouca variação.

Uma vez que o ensaio foi realizado com a utilização de defloculante (hexametáfosfato de sódio), não foi possível identificar os valores de diâmetro efetivo (D_{10}), em função da elevada porcentagem da fração argila (acima de 40%). A não obtenção de tal valor acarretou na impossibilidade do cálculo dos coeficientes de uniformidade, não uniformidade e de curvatura das curvas obtidas.

Logo, pela classificação granulométrica segundo a ABNT, nos ensaios realizados com defloculante obteve-se um solo Argilo Arenoso.

Tabela 3. Distribuição granulométrica do solo

Material (ϕ mm)	Frações (%)		
	Amostra		
	01	02	03
$20 \leq$ Pedregulho Grosso ≤ 60	0,0	0,0	0,0
$6 \leq$ Pedregulho Médio ≤ 20	0,0	0,0	0,0
$2 \leq$ Pedregulho Fino ≤ 6	0,5	0,5	0,3
$0,6 \leq$ Areia Grossa ≤ 2	11,71	9,85	10,32
$0,2 \leq$ Areia Média $\leq 0,6$	30,22	30,36	31,94
$0,06 \leq$ Areia Fina $\leq 0,20$	9,75	13,92	12,08
$0,002 \leq$ Silte $\leq 0,06$	6,85	5,43	5,20
Argila $\leq 0,002$	41,50	40,49	40,63

Limites de Consistência

Os resultados da Tabela 4 mostram o comportamento do solo em relação ao LP, apresenta valores dentro de parâmetros típicos do mineral caulinita e ilita que compõem a amostra, ou seja, LP no intervalo (%) entre 20-40. Para teores de argila elevados presente na amostra, maior será sua plasticidade de acordo com a característica de cada tipo de argilo-mineral, onde essa relação entre o IP e o teor de argila é chamada de atividade (A), que na amostra em questão resultou em $A=0,34$ valor esse que segundo Braja (2007) é característico de minerais caulinita e ilita. Acerca do IP, segundo este mesmo autor, numa avaliação qualitativa, o material analisado é plasticidade média.

Tabela 4. Índices de consistência

Limite de Liquidez	41,11 %
Limite de plasticidade	27,80 %
Índice de plasticidade	13,50 %

Os resultados obtidos com o ensaio de limite contração (LC) e grau de contração (QC), foram $LC=6,7\%$ e $QC=1,6\%$ respectivamente. Segundo Malanconi (2013), os solos com grau de contração $<5\%$

são classificados como de boa qualidade, o resultado da amostra por ser argilo-arenosa com 5% de silte em sua composição, pode ter contribuído para tal resultado.

O fato é que o teor de argila elevado no solo, melhora e aumenta sua plasticidade e consequentemente maior será o seu potencial de retração (perda de umidade), pois a condutividade hidráulica é baixa e o índice de compressibilidade e coesão do solo também serão elevadas. O aparecimento de fissuras ou trincas é maior nesses solos em relação a outros solos como os granulares. O solo analisado obteve índices de plasticidade igual a 13,5%, sendo considerado pela classificação de solos internacional TRB (Transportation Reserach Board) como sendo um solo de categoria A – 7 – 6, de comportamento fraco ou pobre para camadas de subleito, base e sub-base de pavimentos, ou seja, se a plasticidade do solo for elevada, menor será o limite de contração e o seu comportamento será satisfatório relativo a fissura ou trincas quando submetido a tensões de cisalhamento, que não é o caso do solo analisado (CARVALHO & ALMEIDA, 2005). Sua deficiência pode estar correlacionada ao seu teor alto de argila e baixo porção de material granular (areia e ou silte), podendo então ser analisada a variação de sua composição textural em relação a argila, para melhorar seu desempenho frente ao LC.

Os resultados desse trabalho apesar de preliminares vinculados ao número pequeno de amostras indicam que, a medida com que o teor de argila aumenta, faz-se necessário estudos para a constatação desse fato com o intuito de verificar a influência de variação da fração granular do solo.

Permeabilidade

O solo teve seu coeficiente de permeabilidade muito baixo, cerca de 0,0007 cm/s, valor que é característico de solos finos com alto teor de argila e fração granular baixa como a areia e silte por exemplo, ou seja, índices abaixo de 0,01cm/s.

A permeabilidade dos solos está relacionada com o índice de vazios, influenciando diretamente na sua porosidade, portanto quanto mais poroso for um solo, maior será o índice de vazios, ou seja, mais permeável será o solo, o que não ocorreu com o solo em questão. O fato de ser um solo classificado como argila medianamente mole e plástica pode ter contribuído para o baixo índice de permeabilidade do solo, além de ter em sua composição mineralógica a presença de minerais como a caulinita (CARVALHO & ALMEIDA, 2005), que possuem condutividade hidráulica muito baixa. Os principais fatores que influenciam no coeficiente de permeabilidade são: granulometria, índice de vazios, composição mineralógica, estrutura, fluido, macroestrutura e a temperatura do solo. O solo com permeabilidade baixa, o grau de compactação aumenta bem como melhora seus índices de retração (GONDIM & BARROSO, 2008). Sua aplicabilidade em camadas de pavimentos requer uma análise e estudo com relação a variação granulométrica e com isso possivelmente obter uma melhora em seus índices de permeabilidade e retração.

Caracterização Química

Composição Química

A análise da composição química fornece o teor de cada elemento presente na amostra, tanto para minerais primários quanto os secundários, a Tabela 4 mostra a composição química do solo em análise, onde o mesmo apresenta traços de SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 em maior proporção.

De acordo com a equação 1, que correlaciona os teores de SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 (índice Kr), que resulta o valor deste superior a 0,75 infere-se que o geomaterial solo caulinítico (IBGE, 2005).

Tabela 5. Composição química do solo

Compostos	Concentração (%)
Mg	0,210
Al_2O_3	36,594
SiO_2	55,491
P_2O_5	0,615
K_2O	0,889
CaO	0,197
Ti	1,117
V	0,024
Cr	0,012
Mn	0,002
Fe_2O_3	4,613

Composição Mineralógica

Através do difratogramas (Figura 3) da amostra, foi possível identificar a caulinita, quartzo, feldspato e hematita como os principais argilominerais presentes, também pôde-se identificar que o quartzo predomina na fração argila arenosa da amostra.

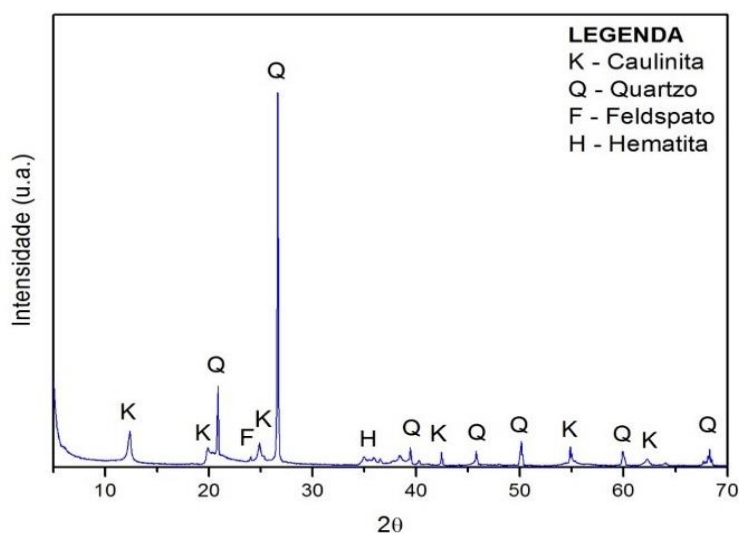


Figura 3. Difratogramas de raios-X da fração argila arenosa.

Análise Microestrutural

Para a morfologia encontrada, o solo apresentou uma cimentação pouco homogênea na morfologia do argilomineral (Figura 4), que indica uma tendência para comportamento saprolítico.

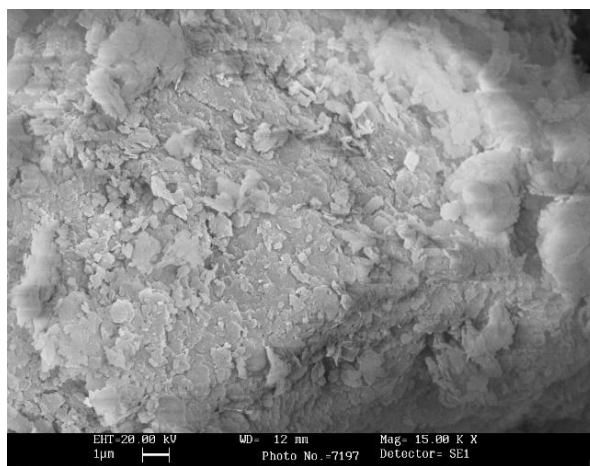


Figura 4. Morfologia do argilomineral presente no solo (15000x).

Análise Térmica

Vogel (2002) menciona que, a análise termogravimétrica (TGA) é uma técnica destrutiva no ramo de análises térmicas, com o objetivo de analisar a perda ou a agregação de massa à amostra em temperaturas variadas. Ressalta – se que as técnicas de DTA e DSC desempenham um importante papel em análises simultâneas com a de TGA, pois são capazes de identificar transições de fase sem variação de massa.

A curva termogravimétrica obtida a partir da amostra estudada, apresentou picos por volta das temperaturas de 48°C, que corresponde a perda de umidade superficial da mesma. Ocorre ainda a presença discreta do pico em torno de 262°C, relativo a presença de goethita. À 495°C, que corresponde à desidroxilação da caulinita. O pico exotérmico na temperatura de 966°C, pode ser relacionado com a formação de mulita.

Portanto na análise de TGA/DTA na Figura 5 é possível perceber que o intervalo com perda de massa mais acentuada, ou seja, o intervalo de temperatura que ocorrem as reações, fica em torno de 450 e 550°C.

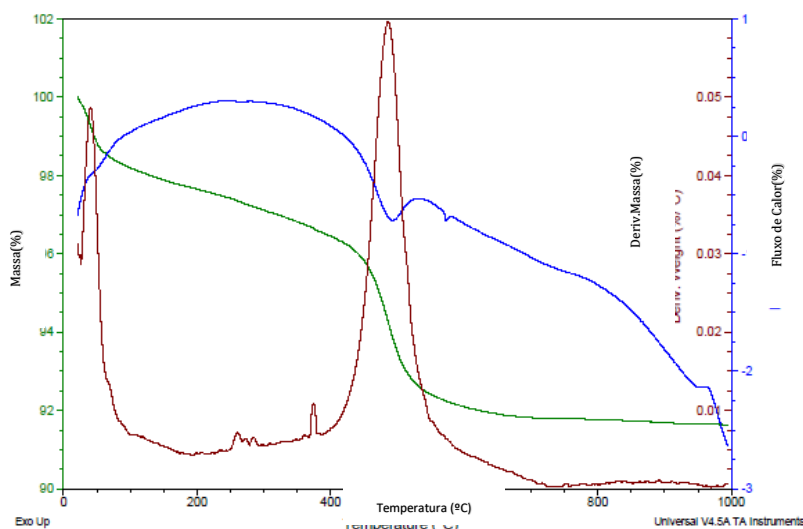


Figura 5. Análise termogravimétrica.

pH

De acordo com Barreto (2015), o papel do pH é muito importante nas suspensões de argila, um pH baixo (ácido) promove a interação entre a borda positiva e a superfície negativa das partículas de argila, que as conduz a floculação.

O pH obtido para o solo em estudo foi de 4,54 mili-q, que o caracteriza como um solo ácido e com maior floculação.

Teor de Matéria Orgânica

Segundo Braidá et al. (2011), a agregação dos argilominerais é uma característica física importante para o solo, pois exerce influência na porosidade, infiltração e retenção de água, além disso na resistência do solo no estado compactado. Com o teor de matéria orgânica esses fatores são afetados direta e indiretamente, haja vista que os fenômenos da capilaridade e adsorção de água no solo estão correlacionados com a textura, tamanho dos poros e a existência de superfícies carregadas eletrostaticamente que, por sua vez, dependem de atributos do geomaterial. As alterações advindas do teor de matéria orgânica podem ser diretas, em razão do elevado número de cargas dependentes do pH e da elevada área superficial específica que a matéria orgânica possui, que resulta no aumento das forças de adsorção. Por outro lado, há efeitos indiretos, devido às mudanças na agregação do solo e, portanto, da estrutura e da porosidade do mesmo.

A matéria orgânica do solo pode influenciar suas características físicas, químicas e biológicas, pois esta decompõe-se mais rapidamente quando as temperaturas são elevadas, ressaltando que em solos tropicais há uma menor porcentagem da mesma.

O valor obtido foi de 0,97%, onde pode-se afirmar que solo em estudo apresenta baixo teor de matéria orgânica, o que condiz na literatura consultada para solos tropicais.

Capacidade de Troca Catiônica e Superfície específica

O solo é composto por caulinita, mineral do tipo 1:1, este é um mineral secundário do solo, presente em grande parte dos solos tropicais. Mitchell (1993) afirma que a CTC da caulinita varia de 3 a 15 meq/100g, valor semelhante ao encontrado por Sparks (2003), que varia de 2 a 15 cmol/kg e de 7 a 30 m²/g para superfície específica. Nas análises foram obtidos os valores de 12,20 meq/100g para CTC e para superfície específica, 30,27 m²/g. Pode-se dizer que, este solo apresenta baixa CTC, por ser formado por minerais de baixa atividade como a caulinita.

Para solos com mineralogia do tipo 1:1 e oxídicos a CTC depende do pH dos mesmos, conforme Mitchell e Soga (2005) a tendência de dissociação em água das hidroxilas (OH), que ficam expostas nas superfícies e bordas das partículas de argila, é fortemente influenciada pelo pH. Para Barreto (2015), quanto maior é o pH, maior é a tendência dos íons H⁺ irem para a solução e maior é a CTC.

Pejon (1992), apresentando uma classificação expedita à classificação MCT, verificou que solos de comportamento laterítico apresentam uma CTC menor que 4,7 meq/100g em 85% dos casos, enquanto solos de comportamento não laterítico apresentam uma CTC maior que 4,7 em 88% dos casos, neste caso o ensaio de CTC aponta para o comportamento saprolítico do solo em estudo.

*Caracterização Geotécnica**Classificação Convencional*

De forma resumida, as principais propriedades geotécnicas do solo em estudo estão listadas na Tabela 6. Logo, é possível afirmar que o material em tela é altamente expansivo. Quanto à classificação SUCS, qualifica-se como de baixa plasticidade e de acordo com a classificação pelo sistema TRB o solo está relacionado ao subgrupo A-7-6, característico de geomaterial de comportamento de fraco a pobre para camadas estruturais de pavimento.

Tabela 6. Propriedades geotécnicas do solo pela classificação convencional

Propriedades geotécnicas	Solo
Teor de Argila (%)	40,90
Teor de Silte (%)	5,88
Teor de Areia Fina (%)	11,90
Teor de Areia Média (%)	30,80
Teor de Areia Grossa (%)	10,60
Teor de Pedregulhos (%)	0,00
Teor de Matéria Orgânica	0,97
LL (%)	41,10
IP (%)	13,50
Massa Específica dos Grãos (g/cm^3)	2,69
Umidade ótima – Energia Normal (%)	15,30
Massa específica Aparente Seca (kN/m^3)	17,20
Índice de Suporte Califórnia (%)	10,95
Expansão (%)	3,66
RCS (KPa)	492,18
Classificação TRB	A-7-6
	Argilo Arenoso Medianamente Plástico
Classificação SUCS	CL
Pedologia	Argissolo Cinza

Índice de Intemperização

Para o IBGE (2005) o índice K_i define o limite entre os solos intemperizados ($K_i < 2,0$) e pouco intemperizados ($K_i > 2,0$), isto se dá em função do índice K_i da caulinita ser equivalente a 2,0, utilizado como parâmetro. Assim, K_i delimita uma linha divisória entre solos tropicais altamente intemperizados (plintossolos e latossolos) e solos tropicais pouco intemperizados (nitossolos e argissolos). Além disso, K_i define limites para as concreções lateríticas ($K_i < 1,33$) e latossolos ($K_i > 1,33$).

Por sua vez K_r , separa os solos caulínitos ($K_r > 0,75$) de solos oxídicos ($K_r < 0,75$). Desta forma o solo analisado apresentou índices $K_i = 2,57$ e $K_r = 2,38$, caracterizando-o como um solo pouco intemperizado e caulínítico.

Carta de Plasticidade de Casagrande

Com base nos resultados de limite de liquidez (LL) $< 50\%$ e no índice de plasticidade (IP) $= 13,50\%$ da (Tabela 4), o solo classifica-se utilizando a carta de plasticidade de Casagrande (Figura 6), como sendo um solo argiloso de baixa compressibilidade e média plasticidade, ficando ao lado esquerdo da linha de LL $= 50\%$, podendo ainda, ser um solo em transição para solo orgânico de baixa compressibilidade e plasticidade média para alta.

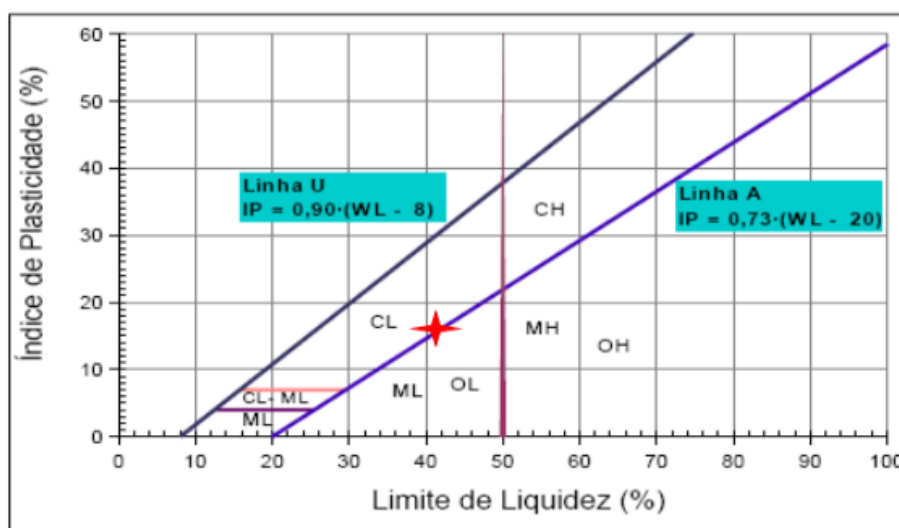


Figura 6. Carta de plasticidade de Casagrande.

Classificação MCT

Na Figura 7 estão demonstradas as alturas finais dos corpos de prova confeccionados durante o ensaio de Mini-MCV, que servem de parâmetros para avaliação das densidades seca e úmida dos mesmos.

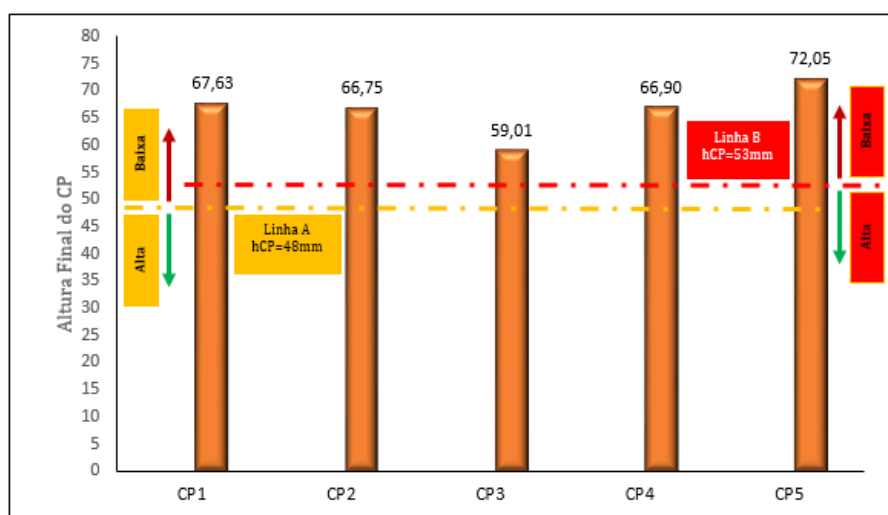


Figura 7. Altura final dos corpos de prova pelo ensaio mini-MCV.

Diante no cenário apresentado acima, ao observar a altura da linha A, pode-se inferir que todos os corpos de prova apresentam baixas densidades, haja vista que os valores determinados das alturas finais de corpos de prova foram superiores a 48 mm. Outrossim, ao mesmo modo verificando a linha B que serve de orientação para o cálculo do coeficiente P_i , é possível afirmar que as massas específicas úmidas são baixas, tendo em vista que as alturas finais dos CP'S são superiores a 53 mm. Por isso o valor de P_i deve ser determinado pelo resultado de mini-MCV igual 10 ao associá-lo com a interpolação gráfica dos dados.

Analisando os dados expressos na Tabela 6, pela classificação MCT o geomaterial estudado enquadra-se no subgrupo NG' que o caracteriza como um solo tropical saprolítico, do mesmo modo na correlação com as classificações SUCS e TRB temos uma argila arenosa com transição de média para alta plasticidade, baixa permeabilidade, baixo suporte e medianamente expansiva, possivelmente indicada para aplicação em corpo de aterros, sendo, portanto, inadequada para uso em camadas de pavimento.

Tabela 6. Classificação Geotécnica MCT

Índices Classificatórios		MCT	SUCS	TRB
c'	2,35	NG'	CH	A-7-5 Argilo Arenoso Altamente Plástico
d'	40,00			
Pi %	179,00			
e'	1,30			
Mini-CBR				
ISC	Expansão (%)	NG'	CH	A-7-5 Argilo Arenoso Altamente Plástico
4,11	0,59			

Conclusão

De acordo com os resultados aferidos é possível afirmar que por meio das imagens de MEV o comportamento da cimentação do argilomineral e sua microestrutura, associando aos dados obtidos pelas metodologias de classificação geotécnica, permitiu-se julgar que o solo pertence ao grupo NG', de natureza saprolítica, com baixa permeabilidade, além disso de elevada erodibilidade e argilosidade conforme os valores substanciais dos índices Pi e c', e uma sutil diferença em relação as classificações SUCS e TRB que apresentaram os grupos para o geomaterial de média e alta plasticidade e baixa resistência.

Na classificação do solo a amostra se torna inviável para sua utilização em camadas de pavimentos, em virtude do seu comportamento fraco e deficitário, mostrando – se um solo argiloso com índice alto de plasticidade, fato que reduz sua permeabilidade devido a sua não suscetibilidade a água relacionado a sua composição mineralógica e geotécnica. Logo o solo também se comportou de forma insatisfatória em relação a resistência, ficando abaixo do mínimo para uso em camadas estruturais de via pelo fato da taxa de fração granular ser muito baixa em relação a fração de argila, influenciando diretamente na alta perda de suporte, expansão e plasticidade. Destaca-se, ainda, que para uso em camadas estruturais de pavimento, faz-se necessário o estudo de viabilidade técnica de intervenções de melhoramento nas propriedades do solo desta pesquisa.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Fundo de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), a empresa Andrade Gutierrez pela coleta e fornecimento da amostra e aos times de colaboradores do Laboratório de Pavimentação/FT/UFAM, Laboratório de Ensaio Físico-Químicos /FT/UFAM, Laboratório de Físico-Química do Instituto de Ciências Exatas (ICE) da UFAM, Laboratório de Geoquímica/ICE/UFAM, Laboratório de Síntese e Caracterização de Nanomateriais do Instituto Federal do Amazonas (IFAM) e do Laboratório Temático de Microscopia Óptica e Eletrônica do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).

Referências

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Solo - Determinação do teor de matéria orgânica por queima a 440°C: NBR 13600. Rio de Janeiro, 1996.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Solo – Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos granulares a carga constante: NBR 14545. Rio de Janeiro, 2000.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Solo - Análise granulométrica: NBR 7181. Rio de Janeiro, 2016a.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Solo - Determinação do limite de liquidez: NBR 6459. Rio de Janeiro, 2016b.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Solo — Determinação do limite de plasticidade: NBR 7180. Rio de Janeiro, 2016c.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Solo - Ensaio de compactação. NBR 7182. Rio de Janeiro, 2016d.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Solo - Índice de suporte Califórnia (ISC) - Método de ensaio. NBR 9895. Rio de Janeiro, 2016e.
- BARRETO, E. C. G. Caracterização física, química, mineralógica e micromorfológica do solo mole do Porto de Santana, no Amapá. Dissertação (Mestrado). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2015.
- BRAIDA, J. A. BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M. Matéria orgânica e seu efeito na física do solo. Tópicos em Ciência do Solo, v.7, p.221–278, 2011.

- BRASIL-MME. Projeto RADAM Brasil: Folhas SA-20 e SA-21. MME, Brasília, DF, v.10 e 18. 1978.
- CARVALHO, G.; ALMEIDA, P. Caracterização física e classificação dos solos. 142f. Faculdade de Engenharia Departamento de Transportes. Universidade Federal de Juiz de Fora, 2005.
- DAS, BRAJA. M. Fundamentos de Engenharia Geotécnica. São Paulo: Thomson, 2007.
- DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER-CLA 254/97: Solos compactados em equipamento miniatura - Mini-CBR e expansão. Brasil, 1997.
- DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER-CLA 259/96: Classificação de solos tropicais para finalidades rodoviárias utilizando corpos-de-prova compactados em equipamento em miniatura. Brasil, 1996.
- DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER-ME 087/94: Solos – Determinação dos Fatores de Contração. Brasil, 1994.
- DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER-ME 093/94: Solos – Determinação da Densidade Real. Brasil, 1994.
- DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – DNER-ME 256/94. Solos compactados com equipamento miniatura - determinação da perda de massa por imersão, solos, método de ensaio. Brasil, 1994.
- DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – DNER-ME 258/94. Solos compactados em equipamento miniatura – mini mcv, solos, métodos de ensaio. Brasil, 1994.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise do solo. Brasília, 1997. 212p.
- GOMES, C. de S. F. Argilas – Aplicações na Indústria. C. GOMES (Editor). O Liberal, Empresa de artes gráficas Ltda. Aveiro, 2002. 337p.
- GONDIM, L. M. Estudo experimental de misturas solo-emulsão aplicado às rodovias do agro polo do Baixo Jaguaribe - Estado do Ceará. 213f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, 2008.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística. Manual Técnico de Pedologia. Manuais Técnicos em Geociências. Rio de Janeiro, 2ª ed. n.4, 2005. 316p.
- LEMOIS, J. DE A. Vivendo a transição de ambiente de moradia: um estudo com moradores do Parque Residencial Manaus - PROSAMIM/Manaus: UFAM, 2010.
- MALANCONI, M. Considerações sobre misturas de solos tropicais estabilizados quimicamente para uso como camada de pavimento urbano. 94f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2013.
- MARQUES, L. L.; BERBER, J.; CARVALHO, M. R.; Resíduos e Águas em uma Bacia Hidrográfica Urbana. Estudo de Caso: Bacia de São Raimundo, Manaus/AM. 2008.
- MITCHELL, J. K.; SOGA, K. Fundamentals of soil behavior. 3. Ed. New Jersey, 2005.
- MITCHELL, J. K. Fundamentals of Soil Behaviour. John Wiley & Sons, 2ªed. New York, 1993. 437p.
- NOGAMI, J. S. E.; VILLIBOR, D. F. Caracterização e classificação gerais de solos para pavimentação: limitações do método tradicional, apresentação de uma nova sistemática. In: Reunião Anual de Pavimentação: ABPV, 15, 1980, Belo Horizonte. Anais.... Belo Horizonte, 1980.
- ROQUE, W. V. Mapeamento Geoambiental da Área Urbana de Manaus-AM. 162f. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil. Universidade de Brasília. Brasília, DF, 2006.
- SANTOS, F. M. M. S.; ALVES, N. de S. A análise das ações antropogênicas nas bacias hidrográficas urbanas no município de Manaus-AM, um estudo de caso na microbacia hidrográfica do Bindá. In: Encontro de Geógrafos da América Latina-EGAL, 2013, Lima-Peru. Reencontro de Saberes territoriales Latino Americanos. Lima-Peru, 2013. Anais... Lima-Peru, 2013.
- SOUZA, M. L. Pavimentação Rodoviária. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos: DNER – Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 1980, 361p.
- SPARKS, D. L. Environmental Soil Chemistry. 2. ed. Academic Publishers. Hardbound, 2003. 352p.
- VILLIBOR, D. F.; NOGAMI, J. S.; CINCERRE, J. R.; SERRZA, P. R. M.; ZUPPOLINI, A. N. Pavimentos de Baixo Custo para Vias Urbanas, Bases Alternativas com Solos Lateríticos. São Paulo, 2007.
- VOGEL, A. I. Análise química quantitativa/Vogel. Tradução: AFONSO, J. C.; AGUIAR, P. F. de; ALENCASTRO, R. B. de. Reimp. Rio de Janeiro: LTC, 2002. 265-276p.

FENOLOGIA DO GERGELIM (*Sesamum indicum* L.) COM IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO EM LAGOA SECA - PB**¹Victor Herbert de Alcântara Ribeiro****²Josué Luís Ferreira****³Messias Firmino de Queiroz****⁴Nair Helena Castro Arriel**

¹Mestrando em Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Campus Universitário III, Bananeiras-PB, victor_herbert_cg@hotmail.com

²Graduado em Agroecologia, Universidade Estadual da Paraíba, Campus II, Grande-PB, jossuecg@ig.com.br

³Professor Adjunto, Universidade Estadual da Paraíba, Campus II, Campina Grande-PB, mefiqueiroz@hotmail.com

⁴EMBRAPA Algodão, Campina Grande-PB, nair.arriel@embrapa.br

Introdução

O gergelim é entre as oleaginosas, uma das culturas mais antigas, apresentando bom nível de resistência à seca e de fácil cultivo, sendo adaptada às condições semiáridas em diversos países (BARROS & SANTOS, 2002). O gergelim cresce e se desenvolve bem em diversos tipos de solo, atinge a plenitude em solos profundos, pelo menos 60 cm, francos do ponto de vista textural, bem drenados e de boa fertilidade natural global, envolvendo os macronutrientes, os mesonutrientes e os micronutrientes, sendo os solos das regiões semiáridas (Sertão, Cariri e Seridó) pelo menos razoáveis, para o cultivo do gergelim (BELTRÃO et al., 1994).

O gergelim é uma planta de larga adaptabilidade e, apesar de sua preferência por clima tropical e subtropical é, também, encontrado em zonas temperadas de clima mais ameno (ARRIEL et al., 2000)

Por apresentar tolerância à seca e facilidade de cultivo, o gergelim apresenta alto potencial agrônômico, podendo ser usado em rotação e sucessão de culturas e vem despertando o interesse de novos produtores, pois sua cultura se insere tanto nos tradicionais sistemas de cultivo como na agricultura sustentável e orgânica (SÉSAMO REAL, 2017).

A partir do final da década de 80, a importância econômica do gergelim tem crescido gradativamente, e à medida que, foram descobertas novas fontes de aproveitamento do grão e de seus subprodutos, o gergelim destacou-se num mercado sempre crescente, nos setores da panificação e na indústria de biscoitos, além de um mercado ainda não explorado, o óleo para consumo humano (BARROS et al., 2001).

Sua principal finalidade é a extração do óleo com aplicações nas indústrias alimentícias e óleo-química, que se encontra em plena ascensão, com aumento anual de aproximadamente 15% na quantidade de produtos industrializáveis sendo uma alternativa para o sistema produtivo, podendo competir com outras oleaginosas, principalmente devido ao fato de suas sementes conterem cerca de 50% de óleo de excelente qualidade (ARRIEL et al., 2006). A produção mundial de sementes de gergelim é uma alternativa de renda, fonte de proteínas e enriquecimento de outros produtos, visto que é uma cultura que está em plena ascensão no mercado nacional e internacional, como exposto por Beltrão (2001).

Configura-se como um alimento de grande valor nutritivo, rico em óleo, constituído de ácidos graxos insaturados, oleico e linoleico; além de apresentar vários constituintes secundários como sesamol, sesamina, sesamolina e gama tocoferol que determinam sua elevada qualidade; vale destacar que o óleo do gergelim apresenta resistência a rancificação por oxidação, propriedade atribuída ao sesamol, além disso, a semente é fonte de proteínas, vitaminas, principalmente as do complexo B e de constituintes minerais como cálcio, ferro, fósforo, potássio, magnésio, sódio, zinco e selênio (EMBRAPA, 2006).

Na cultura do gergelim, a adubação é um dos assuntos mais estudados, apresentando respostas diferentes quando se avaliam locais e épocas de cultivo, ou mesmo cultivares (ÁVILA & GRATEROL, 2005). Isso mostra que o crescimento e produção da cultura varia de acordo com a complexidade do meio e que não é tão simples entender as relações solo-planta nessa oleaginosa.

A cultura do gergelim constitui uma opção agroindustrial para o Semiárido Brasileiro, como alternativa de renda, fonte de proteína para o consumo humano, assim como é utilizado na formulação de outros produtos, dos segmentos fitoterápicos e fitocosméticos (BELTRÃO & VIEIRA, 2001).

Fenologia refere-se à parte da botânica que estuda as diferentes fases do crescimento e desenvolvimento das plantas, tanto a vegetativa (germinação, emergência, crescimento da parte aérea e das raízes) como a reprodutiva (florescimento, frutificação e maturação), demarcando as épocas de ocorrência e as respectivas características (CÂMARA, 2007).

Os ciclos fenológicos de plantas tropicais são complexos, apresentando padrões irregulares de difícil reconhecimento, principalmente em estudos de curto prazo. Portanto, a escolha dos métodos de avaliação e representação tem especial importância, pois pode dificultar ou auxiliar no reconhecimento dos padrões fenológicos (NEWSTROM et al., 1994a).

A fenologia de uma espécie cultivada constitui ferramenta eficaz de manejo que possibilita identificar, por meio da observação dos caracteres morfológicos da planta, o momento fisiológico ao qual se encontram associadas as necessidades do vegetal que, uma vez atendidas, possibilitarão seu desenvolvimento normal e, conseqüentemente, bons rendimentos à cultura (CÂMARA, 2006). Além disso, a avaliação do comportamento fenológico propicia o conhecimento e a definição das épocas em que ocorrem as diversas fases do período vegetativo das plantas (FISCH et al., 2000).

O objetivo deste trabalho é avaliar a fenologia do gergelim em todas suas fases em um experimento em campo com atuação de suas características edafoclimáticas.

Material e Métodos

A pesquisa foi realizada em campo durante a estação seca, entre novembro de 2015 até fevereiro de 2016, com irrigação por gotejamento, em ambiente pertencente ao Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA), Campus II da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Lagoa Seca, PB.

No experimento foi estudado o genótipo do gergelim (*Sesamum indicum* L.), cultivar 'BRS 196' desenvolvida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Algodão), cujas principais características são: plantas de hábito ramificado e cápsulas deiscentes, ciclo de 85 a 89 dias, início da floração aos 35 dias.

De acordo com a classificação de Köppen, o local do experimento é do tipo AS: tropical com estação seca, possuindo médias anuais de temperatura em torno de 22°C, sendo a máxima de 26°C e a mínima de 19°C, evapotranspiração anual média de 500mm, precipitação média anual excedendo 700mm e 80% de umidade relativa média anual.

O genótipo 'BRS 196' desenvolvidos pela EMBRAPA Algodão, foram escolhidos para estudo no experimento, das quais possuem como principais características: plantas com surgimento de ramificações, cápsulas deiscentes, ciclo entre 90 e 100 dias com surgimento da floração aos 35 dias após germinação.

O solo da área do experimento, classificado como Neossolo Regolítico Eutrófico (EMBRAPA, 2009), é declivoso (até 15%), profundo, de textura arenosa, com boa drenagem e de fertilidade moderada (Tabela 1).

O experimento foi dividido em quatro blocos casualizados ao acaso (devido ser um experimento realizado em campo) e cada bloco possuía duas parcelas, cada uma com dez plantas úteis, que eram irrigadas apenas por água via gotejamento a cada três dias.

Durante um período de 120 dias, foram realizadas vistorias diárias em todas as parcelas visando aferir os dias de suas fases fenológicas - germinação, floração, frutificação e maturação. Com os resultados obtidos, tirou-se a média dos dados de cada fase do desenvolvimento e crescimento das plantas úteis.

Tabela1. Características físico-hídricas e químicas do solo do local do experimento, com base em análise da amostra em duas profundidades

Características físico-hídrica	Unidade	Profundidade: 0	Profundidade: 20
		a 20 cm	a 40 cm
		Valor	Valor
Areia	.g kg ⁻¹	871,07	884,47
Silte	.g kg ⁻¹	87,13	73,70
Argila	.g kg ⁻¹	41,80	41,80
Classificação textural	-	Franco-arenoso	Franco-arenoso
Densidade do solo (ds)	.g cm ⁻³	1,49	1,48
Densidade das Partículas (dp)	.g cm ⁻³	2,75	2,73
Porosidade (ε)	%	45,84	45,62
Capacidade de Campo (10,13 kPa) (CC)	.g kg ⁻¹	95,93	121,50
Ponto de Murchamento (1519,87 kPa) (PM)	.g kg ⁻¹	50,53	51,53
Água Disponível (AD)	.g kg ⁻¹	45,40	70,00

Características químicas (complexo sortivo)	Unidade	Profundidade: 0	Profundidade: 20
		a 20 cm	a 40 cm
		Valor	Valor
Cálcio – Ca	.cmol _c dm ⁻³	3,50	3,10
Magnésio – Mg	.cmol _c dm ⁻³	2,53	2,12
Sódio – Na	.cmol _c dm ⁻³	0,02	0,02
Potássio – K	.cmol _c dm ⁻³	0,26	0,19
Soma de bases – S	.cmol _c dm ⁻³	6,28	5,44
Hidrogênio	.cmol _c dm ⁻³	2,07	2,47
Alumínio	.cmol _c dm ⁻³	0,00	0,07
Capacidade de troca catiônica	.cmol _c dm ⁻³	8,34	8,14
Carbonato de Cálcio Quantitativo	%	Ausência	Ausência
Carbono orgânico	Gkg ⁻¹	1,19	0,93
Matéria Orgânica - M.O.	G kg ⁻¹	2,05	1,61
Nitrogênio – N	.g kg ⁻¹	0,11	0,09
Fósforo assimilável – P	mg dm ⁻³	5,64	5,49
pH em água (1:2,5)	-	6,14	6,01
Condutividade elétrica suspensão solo-água (1:2,5) (CEsa)	dS m ⁻¹	0,14	0,13

Resultados e Discussão

Durante o crescimento e desenvolvimento das plantas úteis, pode-se observar que o gergelim 'BRS 196' apresentou seus estágios fenológicos dentro das médias esperadas, como pode ser observado na Tabela 2, apenas com o início da maturação um pouco mais tarde (103 dias após a semeadura), enquanto a média se dá por volta dos 100 dias após a semeadura.

Tabela 2. Fenologia de plantas de gergelim BRS 196, determinada em condições de campo no tratamento testemunha em dias após a semeadura (DAS), durante o período experimental

Fase Fenológica	C1 (BRS 196)	
	DAS (Mês/Ano)	
Início da germinação	4	(Novembro/15)
Início da floração	39	(Dezembro/15)
Início da frutificação	49	(Janeiro/15)
Início da maturação/colheita	103	(Fevereiro/16)

Ribeiro et al. (2017) ao analisar a fenologia do gergelim 'BRS Seda' em experimento em campo encontraram valores que se assemelham as fases fenológicas observadas para 'BRS 196', como apontado na Tabela 3, diferindo apenas na fase de maturação e colheita.

Tabela 3. Fenologia do genótipo "BRS Seda" do Gergelim

Fase Fenológica	C1 (BRS SEDA) DAS (Mês/Ano)	
Início da germinação	4	(Novembro/14)
Início da floração	39	(Dezembro/14)
Início da frutificação	49	(Dezembro/14)
Início da maturação/colheita	99	(Fevereiro/15)

Fonte: Ribeiro (2017).

Grilo e Azevedo (2013), em pesquisa sobre o ciclo fenológico do Gergelim BRS Seda em condições de campo e em plantio irrigado por gotejamento, concluíram que a germinação se iniciou no quarto dia após a sementeira, a floração teve início no 35º dia após a emergência, a maturação dos frutos, por sua vez, iniciou-se no 75º dia após a emergência, terminando aos 90 dias Tabela 4. O ciclo da planta do gergelim da cultivar BRS Seda foi de aproximadamente 90 dias entre a emergência e a maturação dos frutos.

Tabela 4. Ciclo fenológico do Gergelim BRS Seda determinado através do experimento de campo

Fase do Desenvolvimento	Período após Emergência (Dias)	Dias após a Emergência (DAE)
Germinação ao início do crescimento vegetativo	1-15	15
Crescimento vegetativo até a floração	15-35	20
Floração até a formação das vagens	35 -75	40
Maturação dos frutos	75-90	15

Fonte: Grilo e Azevedo (2013).

Observa-se que Grilo e Azevedo (2013), ao analisarem a cultivar 'BRS Seda', também encontraram valores que corroboram com os desta pesquisa

Severino et al. (2002), ao avaliarem o crescimento e o desenvolvimento fenológico do gergelim, verificaram que o aumento da área foliar, o acúmulo de fitomassa de parte aérea e de frutos na cultura do gergelim ocorre entre 30 e 70 DAE, o que tem resultado semelhante no trabalho desenvolvido.

Nesse sentido, observa-se que o gergelim pode ser considerado como uma ótima opção agrícola para todos os tipos de produtores (de grande, média e pequena propriedade), pois exige práticas simples e acessíveis, além de que o mercado internacional desta oleaginosa encontra-se em plena expansão, garantindo mais uma alternativa para exportação.

Conclusão

De acordo com os resultados obtidos, a cultivar 'BRS 196' apresentou as suas fases fenológicas dentro das médias, mesmo estando em uma condição edafoclimática diferente das outras cultivares, com uma pequena diferença apenas na fase de maturação e colheita.

Referências

- ARRIEL, N. H. C.; GUEDES, A. R.; PEREIRA, J. R. Descrição botânica e técnicas de polinização controlada no gergelim (*Sesamum Indicum* L.). EMBRAPA-CNPA, Campina Grande. 2000. 5p. (Comunicado Técnico, 113).
- ARRIEL, N. H. C.; ARAÚJO, A. E. de; SOARES, J. J.; BELTRÃO, N. E. de M.; FIRMINO, P. de T. Cultura do Gergelim. EMBRAPA: Sistema de produção, 6 (Versão eletrônica), Campina Grande, 2006.
- ÁVILA, J. M.; GRATEROL, Y. E. Planting date, row spacing and fertilizer effects on growth and yield of sesame (*sesamum indicum* l.). Bioagro, v.17, n.1, p.35-40, 2005.
- BELTRÃO, N. E. M.; VIEIRA, D. J. O agronegócio do gergelim no Brasil. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2001. p.121-160. 348p.
- BELTRÃO, N. E. M.; FREIRE, E. C.; LIMA, E. F. Gergelimcultura no trópico semiárido. EMBRAPA-CNPA, Campina Grande, 1994. 52p. (Circular Técnica, 18).
- BELTRÃO, N. E. M.; VIEIRA, D. J. O agronegócio do gergelim no Brasil. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2001. p.121-160. 348p.
- CÂMARA, G. M. S. Bases de fisiologia da cultura da soja. Piracicaba. 2000. Disponível em:

- <[http://www.potafos.org/ppiweb/pbrazil.nsf/926048f0196c9d4285256983005c64de/2364d9f75702603bcf83256c70005850b7/\\$FILE/Anais%20Gil%20Miguel%20de%20Souza%20C%C3%A2mara.doc](http://www.potafos.org/ppiweb/pbrazil.nsf/926048f0196c9d4285256983005c64de/2364d9f75702603bcf83256c70005850b7/$FILE/Anais%20Gil%20Miguel%20de%20Souza%20C%C3%A2mara.doc)>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (Campina Grande, PB). II Plano Diretor da Embrapa Algodão. Campina Grande: Embrapa-CNPA, 2009. 30p.
- EMBRAPA-CNPA. Cultura do gergelim. 2006. Disponível em: www.spo.cnptia.embrapa.br Acesso em: 28 de setembro de 2011.
- FISCH, S. T. V.; NOGUEIRA JR, R. J. W.; MANTOVANI, W. Fenologia reprodutiva de *Euterpe edulis* Mart. na Mata Atlântica (Reserva Ecológica do Trabiju, Pindamonhangaba-SP). Revista Biociências de Taubaté, v.6, n.2, p.31-37, 2000.
- GRILO JÚNIOR, J. A. S.; AZEVEDO, P. V. DE. Crescimento, desenvolvimento e produtividade do gergelim 'BRS Seda' na agrovila de Canudos, em Ceará Mirim (RN). Revista Holos, v.2, p.19-33, 2013.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928.
- NEWSTROM, L. E.; FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica*, v.26, p.141-159. 1994.
- SESÁMO REAL. Gergelim para plantio e cultivo. Disponível em: <http://sesamoreal.com.br/site/?page_id=62> Acesso em: 11 de jul. 2017.
- SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. M.; CARDOSO, G. D.; FARIAS, V. A.; LIMA, C. L. D. Análise do crescimento e fenologia do gergelim cultivar NCPA G4. *Revista de Oleaginosas e Fibrosas*, v. 6, n.3, p.599-608, 2002.
- RIBEIRO, V. H. de A.; FERREIRA, J. L.; ARRIEL, N. H. C.; QUEIROZ, M. F. de. Crescimento, produção e fenologia do gergelim sob diferentes níveis de solução organomineral via fertirrigação. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 4, 2017, Belém. Anais...Belém-PA, 2017.

VIABILIDADE ECONÔMICA DE CULTURAS DE ALFACE IRRIGADAS NUM SISTEMA ORGÂNICO NO AGRESTE PARAIBANO

¹Silvanete Severino da Silva

²Joan Carlos Alves Pereira

³José Dantas Neto

⁴Juarez Paz Pedroza

⁵Claúdia Facini Reis

⁶Roberto Vieira Pordeus

¹Doutoranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, Brasil, silvanete.h@hotmail.com

²Engenheiro Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, joan_carlos21@yahoo.com.br

³Professor da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, zedantas1955@gmail.com

⁴Professor da Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Campina Grande-PB, juarez@deag.ufcg.edu.br

⁵Bióloga, Dra. em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste, Cascavel, PR, reisfc@gmail.com

⁶Professor da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Departamento de Ciências Ambientais, Mossoró-RN, rvpordeus@gmail.com

Introdução

A alface (*Lactuca sativa*) é uma das hortaliças mais importantes devido ao seu alto consumo no Brasil, a extensão da área plantada é garantia de desenvolvimento socioeconômico de produtores rurais. A Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas (ABCSEM, 2011) estimou o valor da produção das 17 principais hortaliças em R\$ 10,6 bilhões em 2010, sendo que a alface é a segunda dessa lista. Segundo Biscaro et al. (2013), afirmam que a área explorada por hortaliças no Brasil é em torno de 800 mil hectares, sendo uma prática de produção frequente também para os pequenos produtores conforme também citam Batista (2012) e Filgueira (2007).

Entre as espécies de alface cultivadas, a alface americana disputa a aceitação no mercado consumidor com a alface do grupo crespa, sendo uma consumida principalmente, nas redes de *fast foods* e em outra em saladas (SALA & COSTA, 2012; TRANI et al., 2015). A alface americana se destaca por possuir folhas externas de coloração verde-escura e folhas internas amarelas ou brancas e com maior duração pós-colheita. Por outro lado, a alface do grupo crespa possui folhas consistentes, crespas e soltas, sem formato definido.

Na região Nordeste, a alface americana tem sido cultivada em todas as partes, se sobressaindo-se na região submédica do vale do São Francisco (YURI et al., 2017), sendo bastante influenciada por condições ambientais. Segundo Jackson et al. (2016), a temperatura ideal para o desenvolvimento da alface americana está estimada em 7 e 23°C para o noite e dia, respectivamente.

Suinaga et al. (2013) avaliando a alface do tipo crespa, verificaram que as maiores médias de massa fresca da planta e altura foi apresentado pela Verônica, quando comparado com outras hortaliças do mesmo grupo, entretanto, a cultivar Elba produziu o maior número de folhas comerciais. Esse tipo de hortaliça não deve exceder a temperaturas maiores que 22°C, pois quando superior estimula-se o pendoamento (YURI et al., 2006).

Dessa forma, os processos fisiológicos envolvidos na produção vegetal têm uma relação muito estreita com a maior ou menor disponibilidade de água no solo para as plantas (AGUIAR, 2005). Quanto à necessidade hídrica da cultura da alface, esta vem sendo estudada há vários anos. Contudo, o suprimento de água por meio da irrigação é indispensável, pois promove ótimo desenvolvimento da planta, aumenta a produtividade, permite a obtenção de produção mais uniforme (COSTA, 2009). Quanto à agricultura familiar, essas informações são menores, pois quem tem água em abundância, consome sem se preocupar nas relações listadas. Por outro lado, com baixa disponibilidade hídrica acaba produzindo menos, mas muitas vezes com o mesmo consumo que os grandes produtores, pois não se realiza o cálculo de necessidade hídrica.

Nesse sentido, Koetz et al. (2006) enfatizam a importância de proporcionar à cultura condições para a disponibilidade de água, já que, essa hortaliça possui exigências hídricas. Contudo, os autores reforçam que é preciso permitir a quantidade necessária, mas também minimizar problemas com doenças e lixiviação de nutrientes, quando em excesso. A água está diretamente ligada a germinação, respiração, crescimento e desenvolvimento das plantas, controlando inclusive suas temperaturas. Conforme, Marouelli et al. (1996) flutuações na quantidade de água no solo afeta o desenvolvimento vegetativo da planta e, extremidades do teor de água no solo, como o déficit hídrico pode ocasionar prejuízos nas folhas, enquanto que, o excesso de água provoca asfixia diminuindo a qualidade e produtividade.

Neste contexto, a irrigação suplementar interfere diretamente nos cálculos do volume de água a ser aplicado à cultura influenciando diretamente na área molhada e na distribuição de água no solo, interferindo diretamente, em última análise, nos parâmetros de produção da cultura (SILVA, 2009).

Sale (1966) analisou a resposta da alface à irrigação nos diferentes estádios de crescimento da cultura. O autor observou a existência de efeitos da irrigação nos estádios iniciais, indicados pelo decréscimo da taxa de crescimento quando associados a pequenos incrementos no déficit de umidade do solo. A maior resposta de crescimento à irrigação ocorreu no estágio final de desenvolvimento, quando a umidade do solo foi restabelecida à condição de capacidade de campo, faltando uma semana para a primeira colheita. O autor concluiu também que o maior requerimento de água ocorreu nas três semanas anteriores à colheita, quando a percentagem de cobertura do solo foi superior a 90%.

Pereira et al. (2003) avaliaram a evapotranspiração da alface (Verônica) cultivada em ambiente protegido, em função de níveis de água e de nitrogênio, obtiveram um ajuste de um modelo polinomial quadrático para os valores obtidos de níveis de água e linear para os níveis de nitrogênio. Porém os níveis ótimos de água no solo, estimados para os níveis de nitrogênio, mostraram que o aumento do conteúdo de nitrogênio no solo foi associado a uma redução da evapotranspiração da alface. Segundo Fhecha (2004), a produtividade relativa da cultura da alface apresenta correlações lineares negativas com estresse devido ao excesso de água no solo. O efeito do excesso de água na cultura pode ser identificado pela redução da altura da planta, do diâmetro e do peso da parte aérea, além da redução do diâmetro do caule, sendo a variável peso da parte aérea a que apresentou maior sensibilidade.

A irrigação na produção de alface, como a maioria das culturas, aumenta a produção e melhora a qualidade do produto, devendo reparar a falta ou o excesso (BERNARDO et al., 2013). A falta ocasiona redução de crescimento das plantas, e o excesso de irrigação pode aumentar os custos necessários de energia e fertilização de bombeamento de água, devido à baixa eficiência de irrigação e fertirrigação, e também pode resultar em contaminação dos recursos hídricos devido ao escoamento superficial (LIMA JUNIOR et al., 2012; FILHO et al., 2013; MELO JÚNIOR et al., 2012).

Contudo, a irrigação por gotejamento exige alto custo inicial para na aquisição dos equipamentos, bem como, as despesas a partir dos custos de energia e força de trabalho para a operação e gestão do sistema (LIMA JUNIOR et al., 2011; VILLAS BOAS et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2014), devendo o produtor avaliar e programar esses custos. Por outro lado, a mão-de-obra requer acompanhamento técnico, mas também braçal, exigindo um custo fixo por todo o período de condução da produção.

Nesse contexto, o presente trabalho tem por objetivo verificar o custo operacional total e a rentabilidade líquida de diferentes tipos da alface orgânica irrigadas em condições de campo, no agreste paraibano.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no período de abril a junho de 2016, em área de campo pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande-PB, com as seguintes coordenadas geográficas: 07°15'18"S, 35°52'28"W e altitude de 550 m. Segundo a classificação climática de Köppen, o município de Campina Grande é do tipo Csa, que representa clima mesotérmico, sub úmido, com período de estiagem quente e seco (4 a 5 meses) e período chuvoso de outono a inverno (COELHO & SONCIN, 1982).

Os elementos meteorológicos avaliados durante o cultivo da alface estão apresentados na (Figura 1). Os valores médios diários de temperatura foram de 21,5 a 26,0°C e a umidade relativa média diária oscilaram entre 59,5 a 87,5%, obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia -INMET, estação de Campina Grande-PB. Diariamente se estimou a evapotranspiração de referência (ET_o) pelo método padrão de Penman-Monteith recomendado pela da FAO (ALLEN et al., 1998), cujos detalhes para a sua obtenção constam em Silva et al. (2005).

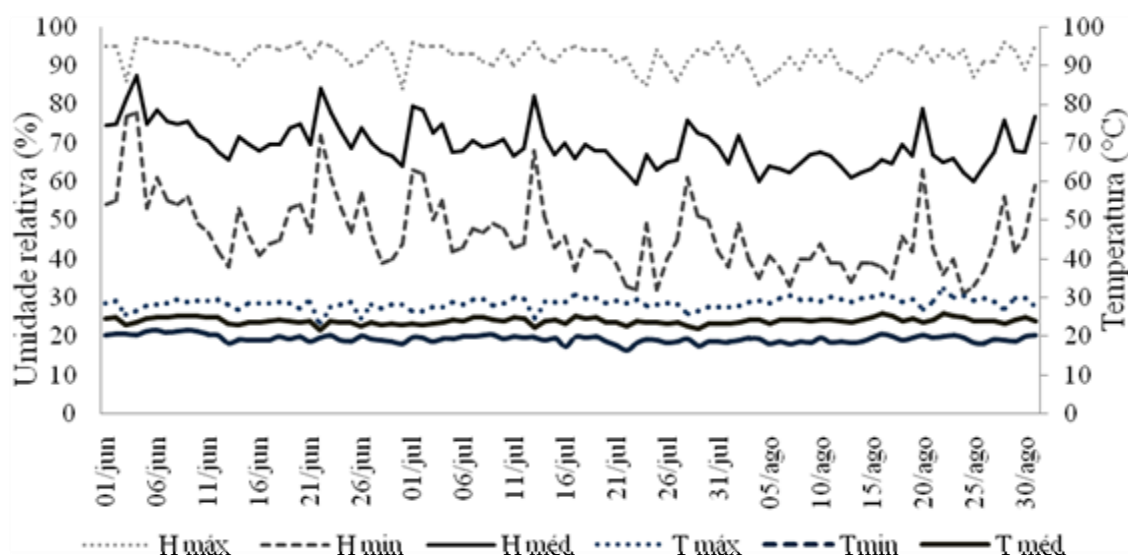


Figura 1. Variação diária dos elementos de umidade relativa (%) e temperatura (°C), nas condições climáticas de Campina Grande-PB.

A semeadura da hortaliça alface foi realizada em bandejas plásticas de 200 células, em condições de ambiente protegido, utilizando-se substrato comercial do tipo Plantmax. O transplante das mudas para o local definitivo foi realizado a partir do crescimento de quatro folhas decisivas.

O experimento foi implantado em 10 canteiros de alvenaria com dimensões de 0,25 m de altura, 1,0 m de largura e 8,1 m de comprimento, espaçados de 1,0 metro entre os mesmos. Cada canteiro foi subdividido, por diques de areia, em seis parcelas de 1,35m². Em cada parcela foram transplantadas 15 plantas, espaçadas de 0,25 entre linhas e 0,30 m entre plantas. Foi realizada adubação orgânica após o transplante, em que, consistiu na distribuição manual de esterco bovino de modo a finalizar o preenchimento dos canteiros, aproximadamente, 0,05 cm da altura dos canteiros, conforme Figura 2.



Figura 2. Vista da área experimental com o sistema de irrigação instalado para aplicação das lâminas de água.

A condução do experimento resultou na escolha de três diferentes cultivares da alface: a Crespa Elba, a Verônica; e a Americana. A escolha foi realizada tanto em função da demanda comercial, bem como, na adaptação as condições climáticas da região.

O sistema utilizado para realizar as irrigações das plantas de alface foi o gotejamento, com duas linhas do tipo fitas gotejadoras por canteiro, com emissores espaçados a cada 0,30m, e com vazão de 2 L h⁻¹ na pressão de serviço de 98 kPa. O sistema de irrigação, operado mediante sistema motor bomba, foi constituído de um reservatório com capacidade para 12 m³, por tubulação principal de PVC de 32 mm de diâmetro, filtro de disco e manômetro de glicerina.

A lâmina de irrigação aplicada em cada tratamento (LT) foi obtida conforme a Equação 1. O valor de t correspondeu a taxa de reposição hídrica da aplicada (L1=0,7; L2=0,8; L3=0,90; L4=1,00 e L5=1,15

da ETo) e os valores de Kc foram 0,45 nos 20 dias após o transplântio (DAT) e 0,95 até a colheita seguindo recomendações de Marouelli et al. (1996).

$$LT = t \cdot ETo \cdot Kc \text{ (Eq. 1)}$$

Em que: LT é a lâmina de irrigação aplicada em cada tratamento, em mm; t é a taxa de reposição, decimal; ETo é a evapotranspiração de referencia diária, mm; Kc é o coeficiente da cultura, decimal.

Os valores encontrados através da Equação 1, transformados em metros, foram multiplicados por 8,1 m², área de cada canteiro, para se encontrar o volume a ser aplicado em litros. O tempo de funcionamento dos emissores, em cada tratamento foi obtido pela relação entre volume necessário e o somatório das vazões aplicadas pelos emissores em cada canteiro.

A colheita foi realizada aos 40 dias após o transplântio (DAT), quando as plantas atingiram seu máximo desenvolvimento vegetativo, sendo avaliados os seguintes parâmetros: custo operacional total (COT) e para a estrutura do custo operacional de produção, conforme Matsunaga (1976).

A análise do custo de produção das culturas foi calculada em função dos coeficientes técnicos referentes à implantação e condução das culturas obtidas durante a realização do experimento. Para cada item foi calculado os valores referente ao mês janeiro de 2017, como segue:

- Mão-de-obra: foi calculado o salário da mão-de-obra em função das horas trabalhadas do salário mínimo (R\$ 905,00), totalizando 100 horas trabalhadas no mês. Dessa forma, o custo por horas trabalhadas foi de R\$ 2,26; e
- Insumos: os valores nominais dos insumos foram obtidos na região de Campina Grande-PB.

Tabela 1. Valores unitários para os itens empregados no plantio da alface irrigada no agreste paraibano, Campina Grande-PB

Itens	Valor (R\$)
Produção de mudas (Kit 10 Bandejas 200 células ² ; Substrato comercial (4 unid) ¹ ; Regador ²)	263,40
Sementes¹ (Americana; Crespa; Elba)	11,20
Confecção de Canteiros³ (Tijolos furados; Cimento; Areia; Composto de Solo; Esterco bovino)	1.353,00
Mão de Obra³ (Pedreiro; Servente)	150,00
Sistema de Irrigação³ (Montagem + Utensílios; Água (2m ³); Energia (5 kwh))	1.300,00
Mão de Obra operacional⁴	226,25
Total	3.333,35

¹Insumos para duas colheitas; ²material permanente; ³Custo inicial; ⁴Valores por colheita; e *Valores com variação mensal.

Para a estimativa da receita considerou-se a produção da alface Elba (R\$ 1,30/unid), alface Crespa (R\$ 1,30/unid) e a alface Americana (1,50/unid), correspondente à produção totalmente orgânica, cotado no âmbito atacadista CEASA – Centrais de Abastecimento de Campina Grande-PB. Desse preço está incluso 30%, para as despesas como: embalagens, frete, carga e descarga. O lucro operacional (LO) indica o valor disponível para a remuneração do capital do empresário e o seu risco, sendo obtido pela diferença entre a receita bruta (RB) e o custo operacional total (COT). O tempo de retorno (TR) foi calculado pela relação entre o lucro operacional e o custo operacional total.

A estatística descritiva dos dados foi organizada e interpretada em planilhas de cálculo no Microsoft Office Excel 2013, seguido da confecção de gráficos.

Resultados e Discussão

Custo de Instalação (CI)

Os custos mais onerosos para esse sistema de cultivo, são os custos de instalação, pois envolve a construção dos canteiros, aquisição e montagem do sistema de irrigação, porém são custos iniciais. Observa-se na Figura 2 que o custo da mão de obra correspondente a 40,6% seguido da instalação do sistema de irrigação (39,9%). Esses custos justificam-se pelo interesse na durabilidade dos canteiros, o

tornando mais adequados ao sistema de irrigação. Leite et al. (2016), destacaram a necessidade de deixar aberto também, os custos implícitos, que são aqueles que não irão envolver diretamente um desembolso, mas que precisam ser considerados, que são eles: área utilizada, tempo do agricultor e, por fim, o custo de oportunidade problemas comerciais, perdas, inadimplência e outros), pois poderá implicar em riscos aos negócios.

Quanto à produção de mudas, observa-se que o custo desse material foi de 8,2%, já que, as sementes serão utilizadas por duas produções e os insumos de bandeja e regador, apresentam longa durabilidade. Ressalta-se o baixo custo de mão de obra operacional que foi de apenas 6,8% do custo total, evidenciando a exequibilidade da cultura da alface na agrícola familiar. Ao realizar a análise para grandes produtores, esse custo é mínimo, pois está calculado para vários anos e a mão de obra passa a ser dividida para diferentes culturas. Por outro lado, a agricultura familiar, por se tratar da sua importância econômica e social, tem recebido no Brasil e no mundo, políticas públicas de apoio e incentivo, mas nem sempre fazem parte de dados de produção (LEITE et al., 2016).

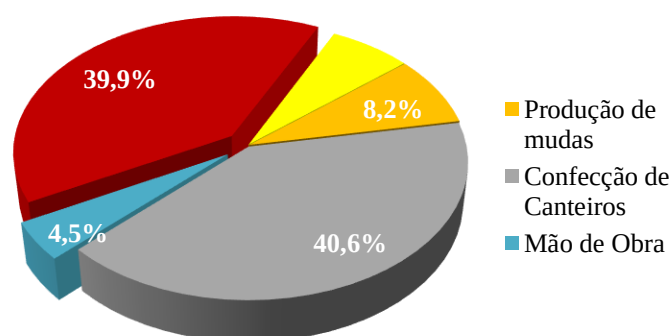


Figura 2. Análise dos custos de instalação (CI) e produção inicial da alface irrigada em sistema orgânico no agreste paraibano, Campina Grande-PB.

Lucro Operacional (LO)

Observa-se na Figura 3 que entre as cultivares Elba, Crespa e Americana, esta última, proporciona maior lucratividade. Os valores obtidos foram para a cultivar Americana com 38% da lucratividade, e a Elba e Crespa com 31%, respectivamente. Os resultados comprovam que embora as sementes da cultivar Americana seja mais cara, quando comparada às demais, ela obteve maior lucro. Porém as espécies Elba e Crespa possuem alta demanda no mercado comercial. O sistema produtivo de hortaliças é comumente maximizado com a inserção de técnicas agrícolas, entre elas a irrigação.

Apesar da irrigação estar incluída nos custos iniciais, ressalta-se que sua importância durante toda a produção. Silva et al. (2018) estudando a fitomassa de cultivares do tipo crespa e americana sob taxas de reposições hídricas, observaram que a lâmina aplicada de 100% da evapotranspiração proporciona rendimento produtivo. Também se destaca a duração do sistema ao longo de várias produções, frisando a necessidade de avaliação desse sistema para obtenção da uniformidade de distribuição da água.

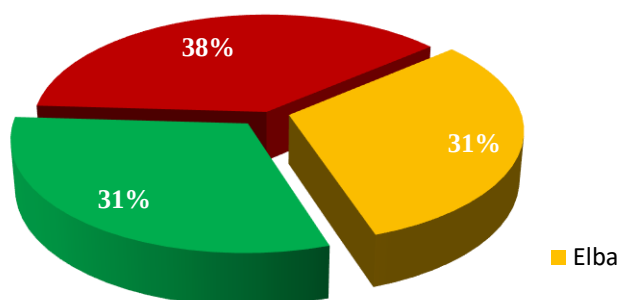


Figura 3. Análise dos custos operacionais (CO) da alface irrigada em sistema orgânico no agreste paraibano, Campina Grande-PB.

Receita Bruta (RB)

A receita bruta do sistema foi de R\$ 1.230,00/produção/mensal, frente a um custo operacional de R\$ 733,65/produção/mensal. Dessa forma, sabendo que o tempo de retorno é obtido sob unidade de tempo, o qual, está incluso na modalidade inversa ao cálculo da rentabilidade, o tempo de retorno para cobrir todas as despesas iniciais serão de quatro meses, isto quando, obtiver máxima produção de oito meses por ano. Após esse tempo, o produtor não obterá custos de instalação, aumentará o custo de manutenção/operação e aumentará a sua renda. Por outro lado, é possível que o sistema implantado todo orgânico, passe por um necessário tratamento de adubação, além da diferenciação nos tratos culturais.

Conclusão

O custo mais oneroso foi o operacional, durante a instalação do experimento, que consistiu na confecção dos leitos e a aquisição do sistema de irrigação.

Quando diluído os custos operacionais por produção, o agricultor poderá obter retorno financeiro até a quarta produção, isto é, na metade da produção anual.

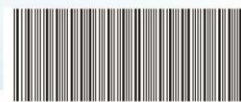
Quando comercializada, a rentabilidade da alface ficará em torno de R\$ 1.230,00/produção.

Referências

- ABCSEM. Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas. Projeto para levantamento dos dados socioeconômicos da cadeia produtiva de hortaliças no Brasil 2010/2011. Campinas: ABCSEM, 2011. Disponível em: <http://www.abcsem.com.br/docs/direitos_resevados.pdf> Acesso em: 25 mai. de 2017.
- AGUIAR, J. V. de. A Função de Produção na Agricultura Irrigada. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2005. 196p.
- BATISTA M. A. V.; VIEIRA, L. A.; SOUZA, J. P. Efeito de diferentes fontes de adubação sobre a produção de alface no município de Iguatu-CE. Revista Caatinga, v.25, n.3, p.8-11, 2012.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. 8. Ed. Viçosa: Ed. UFV, p.9, 2013.
- BISCARO, G. A.; MISSIO, C.; MOTOMIYA, A. V. A.; GOMES, E. P.; TAKARA, J. G.; SILVEIRA, B. L. R. Produtividade e análise econômica da cultura do espinafre em função de níveis de fertirrigação nitrogenada. Irriga, v.18, p.587-596, 2013.
- COELHO, M. A.; SONCIN, N. B. Geografia do Brasil. São Paulo: Moderna, 1982. 368p.
- COSTA, S. C. Níveis de irrigação e doses de potássio aplicados por gotejamento na cultura da bananeira para a região da chapada do Apodi-CE. Viçosa-MG, 132f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 2009.
- FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3 ed. Viçosa: UFV. 2007. 412p.
- FILHO, J. U. P.; FREIRE, M. B. G. dos S.; FREIRE, F. J.; MIRANDA, M. F. A.; L. G. PESSOA, M.; KAMIMURA, K. M. Produtividade de alface com doses de esterco de frango, bovino e ovino em cultivos sucessivos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, n.4, p.419-424, 2013.
- FHECHA, P. A. N. Sensibilidade das culturas da batata (*Solanum tuberosum* L.) a da alface (*Lactuca sativa*) ao excesso de água no solo. 68p. Dissertação (mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2004.
- JACKSON, L.; MAYBERRY, K.; LAEMMLEN, F.; KOIKE, S.; SCHLUBACK, K. Iceberg lettuce production in California. Disponível em: <http://www.anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/7215.pdf>>. Acesso em: 25 de maio 2016.
- LEITE, D.; MIGLIAVACCA, R. A.; MOREIRA, L. A.; ALBRECHT, A. JR. P.; FAUSTO, D. A. Viabilidade econômica da implantação do sistema hidropônico para alface com recursos do PRONAF em Matão-SP. Rev. iPecege, v.2, n.1, p.57-65, 2016.
- LIMA JUNIOR, J. A.; PEREIRA, G. M.; GEISENHOF, L. O.; COSTA, G. G.; REIS, R. P.; OLIVEIRA, L. F. C. Avaliação econômica da produção de alface americana em função de lâminas de irrigação. Ciência e Agrotecnologia, v.35, n.2, p.392-398, 2011.
- KOETZ, M.; COELHO, G.; COSTA, C. C. C.; LIMA, E. P.; SOUZA, R. J. Efeito de doses de potássio e da frequência de irrigação na produção da alface americana em ambiente protegido. Engenharia Agrícola, v.26, n.3, p.730-737, 2006.
- MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. Manejo da irrigação em hortaliças. Brasília: EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-CNPQ, 1996. 72p.

- MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N. de; DULLEY, R. D.; OKAWA, H.; PEDROSO, I. A. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. Agricultura em São Paulo, v.23, n.1, p.123-139, 1976.
- MELO JÚNIOR, H. B. de; BORGES, M. V.; DOMINGUES, M. A.; BORGES, E. N. Efeito da ação decompositora da minhoca californiana (*Lumbricus rubellus*) na composição química de um fertilizante organomineral. Bioscience Journal, v.28, p.170-178, 2012.
- OLIVEIRA, L. B. de; ACCIOLY, A. M. A.; DOS SANTOS, C. L. R.; FLORES, R. A.; BARBOSA, F. S. Características químicas do solo e produção de biomassa de alface adubada com compostos orgânicos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.18, n.2, p.157-164, 2014.
- PEREIRA, O. C. N.; BERTONHA, A.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R.; SILVA, F. F. da. Evapotranspiração da alface em função de água e nitrogênio. Acta Scientiarum Agronomy, v.25, n.2, p.387-391, 2003.
- SALA F. C.; COSTA C. P. Retrospectiva e tendência da alfaceicultura brasileira. Horticultura Brasileira, v.30, n.2, p.187-194, 2012.
- SALE, P. J. M. The response of Summer Lettuce to irrigation at different stages of growth. J. Hort. Sci., v.41, p.42-52, 1966.
- SILVA, A. J. P. da. Variáveis de eficiência, manejo de irrigação e de produção da bananeira cultivar BRS Tropical sob diferentes sistemas de microaspersão e gotejamento. 71f. Dissertação (Mestrado em Ciências. Área de concentração: Irrigação e Drenagem). Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba-SP, 2009.
- SUINAGA, F. A.; BOITEUX, L. S.; CABRAL, C. S.; RODRIGUES, C. S. Desempenho produtivo de cultivares de alface crespa. Brasília, DF: Embrapa, 15p. 2013. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Hortaliças, 89).
- YURI, J. E.; RESENDE, G. M.; MOTA, J. H.; SOUZA, R. J. Competição de cultivares de alface americana no sul de Minas Gerais. Caatinga, v.19, n.1, p.98-102, 2006.
- YURI, J. E.; RESENDE, G. M.; COSTA, N. D.; GOMES, A. S. Desempenho agrônômico de genótipos de alface americana no Submédio do Vale do São Francisco. Hort. Bras., v.35, n.2, 2017.
- VILLAS BOAS, R. C.; PEREIRA, G. M.; SOUZA, R. J.; CONSONI, R. Desempenho de cultivares de cebola em função do manejo da irrigação por gotejamento. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, n.2, p.117-124, 2011.
- TRANI, P. E.; TIVELLI, S. W.; BLAT, S. F.; PRELA-PANTANO, A.; TEIXEIRA, E. P.; ARAÚJO, H. S. de; FELTRAN, J. C.; PASSOS, F. A.; FIGUEIREDO, G. J. B. de; NOVO, M. C. S. S. Couve de folha: do plantio à pós-colheita. Campinas: Instituto Agrônômico, 2015. 36p. (Série Tecnologia Apta. Boletim Técnico IAC, 214). Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/publicacoes_online/pdf/BoletimTecnico214.pdf>. Acesso em: 23 mai. 2018.

® Portal Tecnológico
de Divulgação Científica
Eventos, Pesquisas e Inovação



978-85-60307-38-8