



Ciência, Desenvolvimento e Inovação na Engenharia e Agronomia Brasileira

v.2, 2019

Ciência, Desenvolvimento e Inovação na Engenharia e Agronomia Brasileira

v.2

C4902 Ciência, Desenvolvimento e Inovação na Engenharia e Agronomia Brasileira v.2 / Organizadores: Francisco & Leite.

— Campina Grande: EPGRAF, 2019.
153 f.: il. color.

ISBN 978-85-60307-50-0

1. Engenharias. 2. Desenvolvimento Tecnológico. 3. Ideias Inovadoras. 4. Difusão. I. Francisco, Paulo Roberto Megna. II. Leite, Maria José de Holanda. 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 da Capa

Freepick.com

Editoração, Revisão e Arte da Capa

Paulo Roberto Megna Francisco

Conselho Editorial

Djail Santos (CCA-UEPB)

Dermeval Araújo Furtado (CTRN-UFCE)

George do Nascimento Ribeiro (CDSA-UFCE)

Josivanda Palmeira Gomes (CTRN-UFCE)

João Miguel de Moraes Neto (CTRN-UFCE)

José Wallace Barbosa do Nascimento (CTRN-UFCE)

Juarez Paz Pedroza (CTRN-UFCE)

Lúcia Helena Garófalo Chaves (CTRN-UFCE)

Luciano Marcelo Fallé Saboya (CTRN-UFCE)

Paulo da Costa Medeiros (CDSA-UFCE)

Paulo Roberto Megna Francisco (CTRN-UFCE)

Soahd Arruda Rached Farias (CTRN-UFCE)

Virgínia Mirtes de Alcântara Silva (CTRN-UFCE)

Paulo Roberto Megna Francisco
Maria José de Holanda Leite
(Organizadores)

**Ciência, Desenvolvimento e Inovação
na Engenharia e Agronomia Brasileira**
v.2



Realização

® Portal Tecnológico de Divulgação Científica

Eventos, Pesquisas e Inovação



Apoio



Universidade Federal
de Campina Grande



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PIAUÍ



Universidade de Brasília

SUMÁRIO

<i>Capítulo 1</i>	6
POTENCIAL DE USO DOS SOLOS IRRIGAVÉIS DO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DOS CORDEIROS-PB UTILIZANDO GEOTECNOLOGIAS.....	6
<i>Capítulo 2</i>	14
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E VIGOR DE SEMENTES DE AMBURANA CEARENSIS A. C. SMITH (FABACEAE).....	14
<i>Capítulo 3</i>	19
ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA RESIDUÁRIA UTILIZADA COMO ALTERNATIVA PARA A AGRICULTURA IRRIGADA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.....	19
<i>Capítulo 4</i>	31
DESENVOLVIMENTO INICIAL DE HYMENEAE COURBARIL (L.) SOB INOCULAÇÃO DE BACTÉRIAS ENDOFÍTICAS.....	31
<i>Capítulo 5</i>	38
NÃO ESTÁ NA HORA DE TERMOS UM EXAME DE ORDEM PARA OS CURSOS DE ENGENHARIA?	38
<i>Capítulo 6</i>	46
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE DIFERENTES FRUTAS.....	46
<i>Capítulo 7</i>	57
CRESCIMENTO DA ESPÉCIE FAVELA (<i>Cnidocolus quercifolius</i> Pohl) EM CO-PRODUTO DE VERMICULITA COM FERTILIZAÇÃO.....	57
<i>Capítulo 8</i>	69
ANÁLISE MULTICRITÉRIO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL POTENCIAL DE UM MUNICÍPIO DO ALTO RIO JEQUITINHONHA, MINAS GERAIS.....	69
<i>Capítulo 9</i>	83
ATRIBUTOS FUNCIONAIS DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS DA CAATINGA.....	83
<i>Capítulo 10</i>	90
QUALIDADE FÍSICA DE UM LATOSSOLO VERMELHO EUTROFÉRICO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO.....	90
<i>Capítulo 11</i>	101
GESSO E REJEITOS DE MINERAÇÃO NA CORREÇÃO DE SOLO SALINO-SÓDICO E NO CRESCIMENTO INICIAL DO MARACUJAZEIRO AMARELO.....	101
<i>Capítulo 12</i>	111
PRODUÇÃO DE MUDAS DE MORINGA OLEÍFERA LAM EM DIFERENTES SUBSTRATOS	111
<i>Capítulo 13</i>	118
EFICIÊNCIA DE GESSO E COMPOSTOS MINERAIS EM SOLO SALINO SOB CULTIVO DE SORGO (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench).....	118
<i>Capítulo 14</i>	132
ESTIMATIVA POPULACIONAL DE CÃES E GATOS E O IMPACTO ECOLÓGICO NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (APA) DE ALGODOAL-MAIANDEUA-PA.....	132
<i>Capítulo 15</i>	142
ESTUDO DOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO ESTADO DA PARAÍBA.....	142
Curriculum dos Organizadores	153

Capítulo 1

POTENCIAL DE USO DOS SOLOS IRRIGAVÉIS DO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DOS CORDEIROS-PB UTILIZANDO GEOTECNOLOGIAS

Paulo Roberto Megna Francisco¹
Maria Sallydelândia de Farias Araújo²
George do Nascimento Ribeiro³
Paulo da Costa Medeiros⁴
Hayssa Thyara Silva Barreto⁵

¹Doutor em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, paulomegna@gmail.com

²Dra. Profa. UFCG, Campina Grande-PB, sallyfarias@hotmail.com

³Dr. Prof. Adjunto, UFCG, Sumé-PB, georgenribeiro@gmail.com

⁴Dr. Prof. Adj. CDSA, UFCG, Sumé-PB, medeirospc@gmail.com

⁵Graduanda em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, hayssathyara@hotmail.com

Introdução

A agricultura é uma atividade econômica dependente, em grande parte, do meio físico. Uma região apresenta várias sub-regiões com distintas condições de solo e clima e, portanto, com distintas aptidões para produzir diferentes bens agrícolas (GLERIANI, 2000). Em grande parte do Estado da Paraíba predomina o clima semiárido (PAN-BRASIL, 2005) onde 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 (RAMALHO FILHO & PEREIRA, 1999).

A produção agrícola no semiárido da Paraíba é fortemente dependente da precipitação pluviométrica, e, por conseguinte, as suas variações provocam graves prejuízos na agricultura do Estado. A Paraíba tem, como características climáticas marcantes, as irregularidades, tanto espacial quanto temporal, do seu regime de chuvas. Essas condições climáticas interferem diretamente na produção de alimentos, fazendo com que haja a necessidade de se aumentar a produção e produtividade das culturas, mas para que haja esse aumento é indispensável que sejam aplicadas tecnologias já adaptadas para cada região, bem como, pesquisar novas tecnologias (MENEZES et al., 2010; GUEDES FILHO et al., 2010).

Estes cenários indicam a crescente vulnerabilidade dos sistemas agrícolas, que, associada ao aumento da demanda mundial por alimentos, água e energia, representa enorme desafio para a sustentabilidade da produção, dos ecossistemas terrestres e aquáticos e dos serviços à sociedade (EMBRAPA, 2018).

Conforme Sousa et al. (2003), a produção agrícola é fortemente influenciada pelas condições edafoclimáticas do local e tem sido um dos principais fatores limitantes da produção. E dependendo da disponibilidade e da qualidade dos solos, a capacidade produtiva do setor agrícola pode ser ainda mais limitante. De acordo com Amorim Neto et al. (1997), técnicas de identificações de áreas aptas com base em informações do solo e clima possibilitam a definição dos ambientes favoráveis para exploração agrícola, contribuindo com a redução dos riscos de degradação do ambiente.

Devido à crescente necessidade de um planejamento adequado e sustentável das atividades humanas, o entendimento dos ecossistemas e, principalmente, da prestação de serviços ambientais por esses ambientes tornou-se imperativo (SANCHEZ et al., 2009). O conhecimento dos recursos naturais, solos, clima, vegetação e relevo, constitui parte do embasamento indispensável para a avaliação do potencial de uso das terras. Estas informações, combinadas com os contextos sociais, econômicos e culturais, levam à possibilidade de análise das oportunidades, das restrições e dos impactos ligados ao uso da terra. Desse modo, é possível identificar áreas com maior ou menor aptidão para as mais diversas atividades, sejam agrícolas ou não, considerando aspectos de equidade e justiça social e responsabilidade no uso dos recursos naturais, visando benefícios coletivos (BENEDETTI et al., 2008).

A expressão diagnóstico ambiental tem sido usada com diferentes conotações por órgãos ambientais, universidades, associações profissionais, etc. Contudo, diagnóstico ambiental pode ser definido como o

conhecimento de todos os componentes ambientais de uma determinada área para a caracterização da sua qualidade ambiental (PAULINO, 2010). Portanto, elaborar um diagnóstico ambiental é interpretar a situação ambiental dessa área, a partir da interação e da dinâmica de seus componentes, quer relacionado aos elementos físicos e biológicos, quer aos fatores socioculturais. A caracterização da situação ou da qualidade ambiental pode ser realizada com objetivos diferentes. Um deles é servir de base para o conhecimento e o exame da situação ambiental, visando traçar linhas de ação ou tomar decisões para prevenir, controlar e corrigir problemas ambientais como políticas ambientais e programas de gestão ambiental (VERDUM & MEDEIROS, 2002).

Os fenômenos terrestres vêm sendo, a cada dia, mais bem compreendidos com a adoção de uma abordagem multi e interdisciplinar, por meio da integração do estudo das diversas variáveis que controlam os sistemas naturais, mesmo que modificados em relação aos originais, como, por exemplo, os ecossistemas agrícolas (VIDAL-TORRADO et al., 2005).

De acordo com Sampaio et al. (2011), nas últimas décadas, a irrigação tem desempenhado papel indispensável ao incremento da produtividade de culturas básicas, possibilitando o desenvolvimento econômico de muitas regiões, e ao mesmo tempo incorporando novas áreas ao processo produtivo, garantindo com isso, o abastecimento interno e ampliando as exportações de produtos agrícolas.

Conforme Amaral (2005), o uso da irrigação viabiliza a produção agrícola especialmente em áreas áridas e semiáridas, como no caso do Nordeste brasileiro, onde a escassez hídrica representa uma séria limitação para o desenvolvimento socioeconômico, que se traduz em baixos níveis de renda e padrões insatisfatórios de nutrição, saúde e saneamento de parcela representativa da sua população. Porém, o uso da irrigação de modo inadequado, além de inviabilizar projetos por baixo retorno econômico, tem causado consequências danosas ao meio ambiente como é o fato da salinização de várias áreas. A adoção e a aplicação de metodologias atualizadas de classificação de terras para a irrigação podem permitir o planejamento do uso da terra com vistas ao desenvolvimento sustentável. Essas ações poderiam minimizar a degradação das terras e/ou da baixa taxa de retorno econômico,

que afetam em muitos casos o pleno sucesso dos projetos irrigados.

Conforme Francisco et al. (2012), na atualidade, o avanço da tecnologia da informação, a disponibilização de imagens de satélite em altas resoluções e de programas computacionais para a análise ambiental houve um grande avanço nos estudos relacionados à gestão dos recursos naturais. Neste contexto, o geoprocessamento surge como uma disciplina que utiliza um conjunto de técnicas matemáticas e computacionais, na forma de programas, o sistema de informações geográficas, que possibilita combinações de informações provenientes de diferentes procedimentos tecnológicos, gerando novas informações, que auxiliam a tomada de decisões, em contextos os mais diversos (DUARTE & BARBOSA, 2009).

Portanto, este trabalho objetiva realizar para o município de São José dos Cordeiros-PB, uma análise do potencial dos solos para irrigação e seu mapeamento utilizando geotecnologias.

Material e Métodos

O município de São José dos Cordeiros, localizado no Estado da Paraíba, apresenta uma área de 417,744 km², com altitude de 545 metros e seu posicionamento encontra-se entre os paralelos 07° 23' 27" S entre os meridianos 36° 48' 28" O. Está inserido na Região Geográfica da Borborema Central, limitando-se com os municípios de Livramento, Taperoá, Parari, Serra Branca, São João do Cariri, Sumé e Amparo (Figura 1) (AESA, 2006).

A área de estudo possui população de 4.136 habitantes entre os quais 1.307 (31,6%) residem na zona urbana e 2.829 na zona rural. A densidade demográfica é de 10 hab/km². A economia do município tem como principal suporte as atividades do setor Primário concentradas na agricultura e com participação na faixa de 50,1 à 75%, seguindo-se o setor Terciário com 5,1 à 25%, e o setor Secundário com 0 à 5%. Na agricultura as culturas principais são algodão, feijão e milho. Na pecuária sobressaem-se as criações de bovinos, caprinos e ovinos, e na avicultura, a criação de galináceos com produção de ovos (CPRM, 2005). É uma região tradicionalmente pastoril onde tem predominado a criação de caprinos. Outrora, esta era uma região com produção expressiva de algodão. Na atualidade, é cultivada com palma e culturas alimentares de

subsistência (SOUZA et al., 2009; FRANCISCO, 2010).

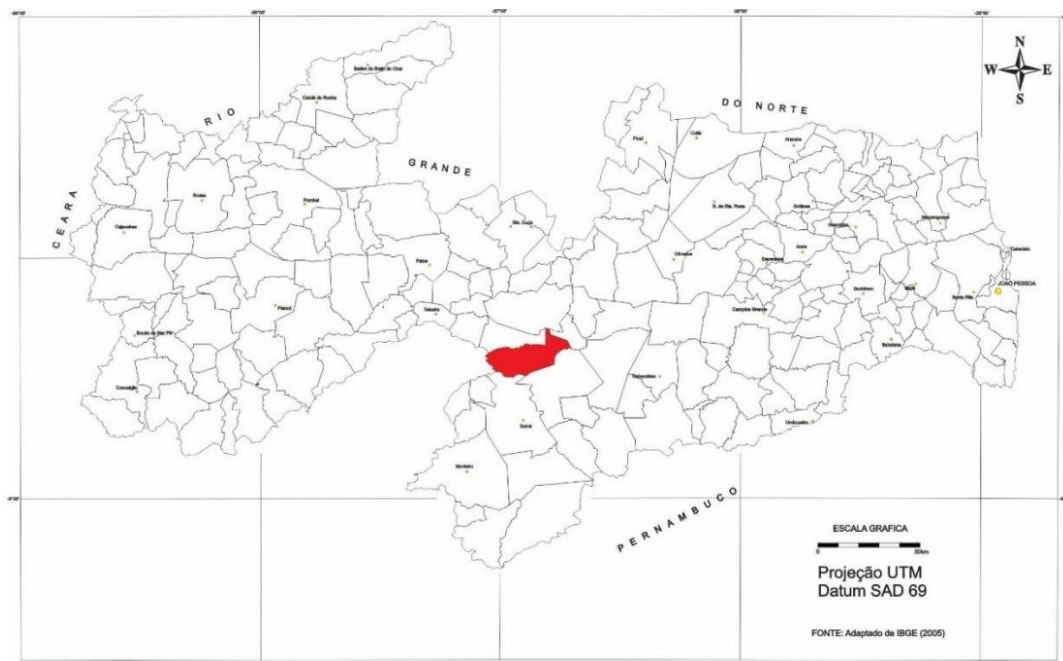


Figura 1. Mapa de localização do município em estudo. Fonte: Adaptado de IBGE (2009).

A área de estudo localiza-se na sub-bacia hidrográfica do rio Taperoá (Figura 2) e situa-se no Polígono da Secas. Seus principais tributários são o Rio dos Cordeiros e os riachos: do Livramento, do Agreste, de Fora, do Franco, São Gonçalo, do Bonfim, do Perigo, do Cipó, da Jureminha, Barra do Moraes, do Cocho, da

Cacimbinha, do Cazuzinha, Fundo, das Malícias e da Pelada. Os principais corpos de acumulação são as lagoas: Grande, do Meio, do Caldeirão, Pedro da Costa, da Jararaca e João Gomes. Todos os cursos d'água têm regime de escoamento intermitente e o padrão de drenagem é o dendrítico (CPRM, 2005).

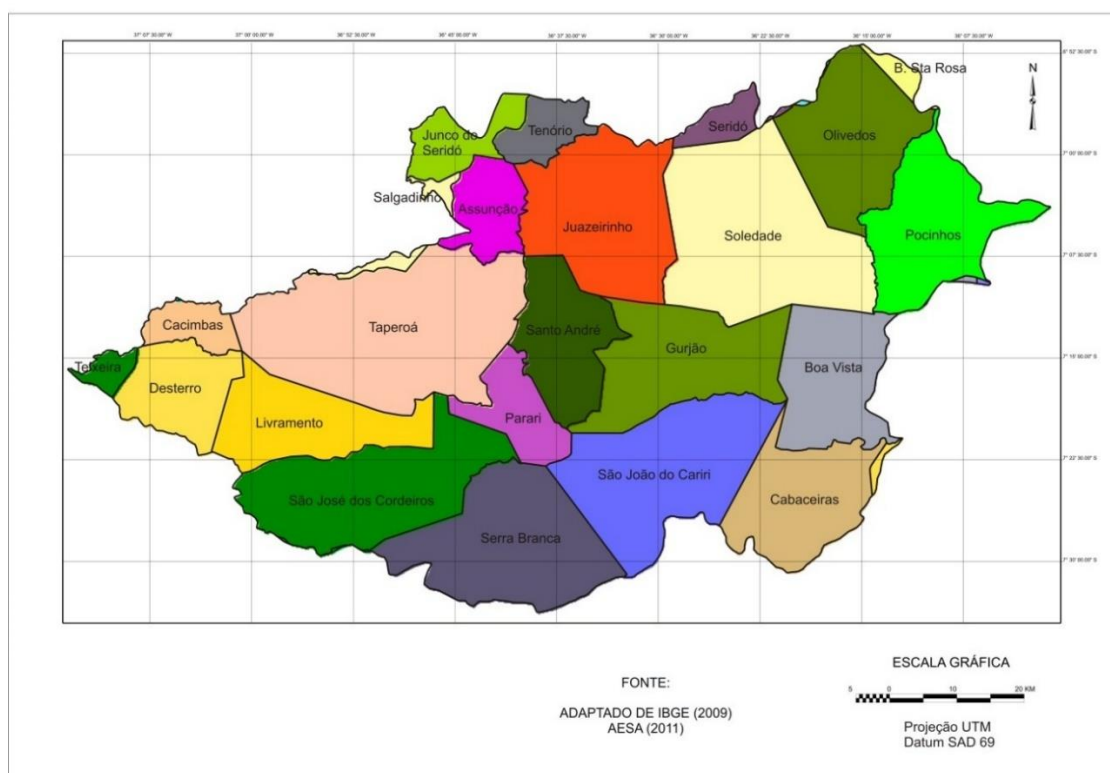


Figura 2. Mapa de municípios da sub-bacia do rio Taperoá. Fonte: Francisco (2013).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da área de estudo é considerado do tipo Bsh - Semiárido quente, precipitação predominantemente, abaixo de 600 mm.ano⁻¹, e temperatura mais baixa, devido ao efeito da altitude (400 a 700m). As chuvas da região

sofrem influência das massas Atlânticas de sudeste e do norte (FRANCISCO, 2010).

Na Tabela 1 pode-se observar os dados climatológicos mensais e anuais, os quais representam médias de, no mínimo, trinta anos de dados de observação.

Tabela 1. Distribuição pluviométrica e precipitação média mensal e anual (mm) registrada no município para um período mínimo de trinta anos de observação

Município/ Posto	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
S. J. dos Cordeiros	23.6	85.1	145.2	158.5	42.0	35.3	31.5	9.1	3.2	1.9	3.9	15.8	554.5

Fonte: AESA (2012).

Em toda a área de estudo a vegetação é do tipo Caatinga hiperxerófila. De acordo com Barbosa et al. (2007) e Paes e Silva et al. (2003), as espécies mais encontradas na Caatinga são: a Malva (*Sida galheirensis* Ulbr.), Macambira (*Bromelia laciniosa* Mart. ex Schult. f.), Imburana (*Commiphora leptophloeos* (Mart.) J. B. Gillett), Mandacaru (*Cereus jamacaru* DC.), Xique-xique (*Pilosocereus gounellei* (F. A. C. Weber) Byles & G. D. Rowley), Facheiro (*Pilosocereus pachycladus* F. Ritter), Palmatória (*Tacinga palmadora* (Britton & Rose) N. P. Taylor & Stuppy), Mofumbo (*Combretum leprosum* Mart.), Marmeleiro (*Croton sonderianus* Müll. Arg.), Pinhão (*Jatropha mollissima* (Pohl) Baill.), Pinhão (*Jatropha ribifolia* (Pohl) Baill.), Jureminha (*Desmanthus virgatus* (L.) Willd.), Jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.), Catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul), Pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* Engl.), Marmeleiro (*Croton sonderianus* Muell. Arg.), Pinhão bravo (*Jatropha molissima* (Pohl) Mull Arg.) e outras espécies nativas da região, como o Angico (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) a Aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) e o Umbu (*Spondias tuberosa*, L.).

A topografia apresenta relevo ondulado à suavemente ondulado. As declividades mais elevadas, onde predomina o relevo ondulado, apresentam-se à noroeste onde ocorre a serra de São Gonçalo (670 m); na porção sudoeste, onde ocorre a serra das Almas (780 m), ao sul, nas áreas onde ocorrem as serras do Viveiro, da Pelada e Serrote do Pico e, a oeste em áreas separando os altos cursos dos riachos São Gonçalo e do Bonfim onde ocorrem as serras do Salão e da Roca (670 m) (CPRM, 2005).

A área de estudo encontra-se inserida na unidade geomorfológica denominada Planalto da Borborema de formas tabulares

(PARAÍBA, 2006). Ocupa a porção sul da bacia que se encontra inserido na Região do Cariris do Paraíba, que de acordo com Francisco (2010), é uma área aberta, sobre o planalto, com relevo suave ondulado, altitude variando em grande parte entre 400 a 600 m, e drenagem voltada para o leste, o que facilita a penetração uniforme das massas atlânticas de sudeste, propiciando temperaturas amenas (<26°C), e uma maior amplitude térmica diária. Nas áreas com relevo mais deprimido a precipitação média anual é inferior a 400mm, aumentando com a altitude no sentido dos divisores da drenagem.

De acordo com os dados da Atlas do Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba (PARAÍBA, 2006), a geologia predominante no município está representada pelo Complexo São Caetano (Mst): composto por Muscovita biotita gnaiss às vezes granadífero, biotita gnaiss, muscovita xisto, incluindo calcário cristalino, quartzito e metavulcanoclástica, relacionado ao período Mesoproterozóico; Metagranitóides tipo Riacho do Forno (My2b) cuja constituição litológica é composta por: Granada, biotita, muscovita metagranito e migmatito de composição sieno a monzogranítica, ocasionalmente sienítica relacionada ao período Mesoproterozóico; Suíte granítica-migmatítica peraluminosa Recanto/Riacho do Forno (Ny2c) cuja constituição litológica é composta por: Ortognaiss e migmatito granodiorítico a monzogranítico, relacionado ao período Mesoproterozóico.

O solo predominante é o Neossolos Litólicos Eutróficos substratos gnaiss e granitos e o solo de menor predominância é o (Figura 3). Em menor proporção ocorrem Neossolos Regolíticos Eutróficos com fragipan relevo suave ondulado e ondulado; e com a ocorrência do Luvisolo Crômico Vértico fase

pedregosa relevo suave ondulado (FRANCISCO, 2010).

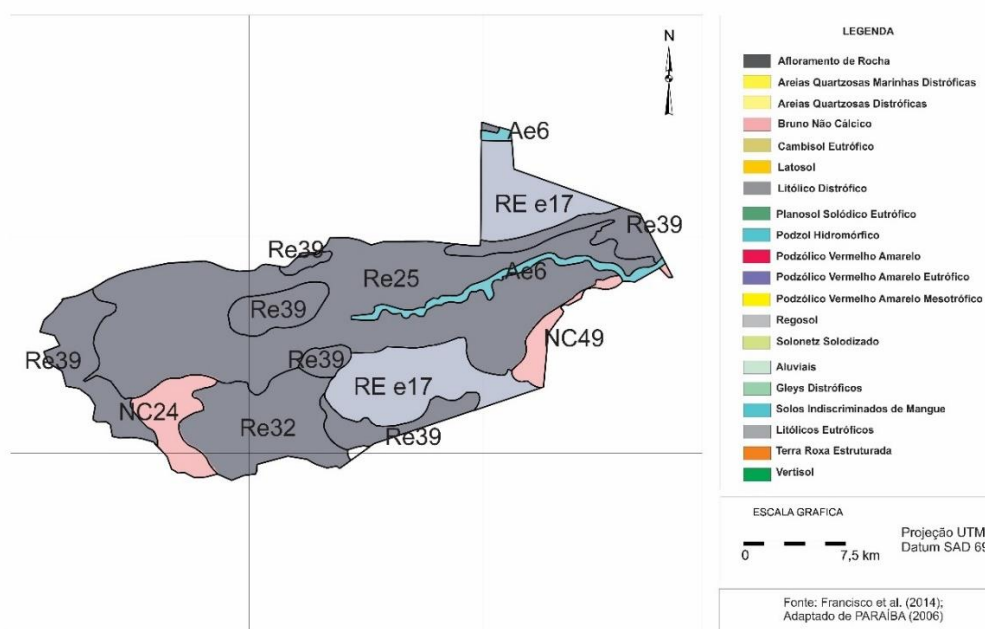


Figura 3. Mapa de solos do município. Fonte. Adaptado de PARAÍBA (2006).

Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizado arquivo digital da área do município (IBGE, 2009) e importado para o programa SPRING 5.4 na base de dados na projeção UTM/SAD69 de Francisco (2010) e atualizadas por Francisco et al. (2016), onde foram elaborados os mapas e calculados as suas respectivas áreas.

Para o mapeamento análise das áreas potencialmente irrigáveis foi importado ao SIG o arquivo digital fornecido pela AESA (2012) da classificação conforme *Bureau of Reclamation* (USA, 1953) e utilizada por PARAÍBA (2006), adotando quatro classes de terras consideradas aráveis, e duas consideradas não-aráveis. As seis classes de terras e suas características foram definidas da seguinte forma: Classe 1. Terras aráveis, altamente adequadas para agricultura irrigada; Classe 2. Terras aráveis, com moderada aptidão para agricultura irrigada; Classe 3. Terras aráveis com aptidão restrita para agricultura irrigada; Classe 4. Terras aráveis de uso especial; Classe 5. Terras não-aráveis, mas em situação provisória; Classe 6. Terras não-aráveis.

Resultados e Discussão

Observa-se Terras aráveis de aptidão restrita da classe 3 (Figura 3), onde apresenta área de 11,31 km² representando somente 2,71% do total. De acordo com PARAÍBA (2006), estas terras possuem apenas os requerimentos mínimos para irrigação. As deficiências,

corrigíveis ou não, podem ser relativas ao solo, à topografia e à drenagem e, individualmente ou combinadas, são mais intensas que na classe 2. Podem ter limitações quanto à fertilidade muito baixa, textura arenosa, topografia irregular, salinidade moderada, drenagem restrita, entre outras. Tais limitações são suscetíveis de correção a custos relativamente altos, podendo algumas delas ser incorrigíveis. Têm aptidão para um restrito número de culturas adaptáveis, mas com manejo adequado, podem produzir economicamente.

As Terras aráveis com aptidão restrita, são compostas pelos solos Aluviais Eutróficos, atualmente reclassificados por Campos e Queiroz (2006) como Solos Neossolos Flúvicos Ta Eutróficos solódicos, e de conforme Cavalcante et al. (2005), são solos de grande importância, no que diz respeito à exploração agrícola e pecuária da região semiárida, porém apresentam limitações muito fortes pelo déficit hídrico.

Com uso de técnicas de irrigação pode ser viabilizado o cultivo intensivo de forrageiras e diversas outras culturas trazendo um incremento econômico na renda dos produtores rurais. As áreas em que a qualidade da água e dos solos possuem restrições de uso, deve ser avaliado os usos de acordo com o manejo adequado da área. Estes fatores reunidos concorrem para que estes solos sejam muito suscetíveis à degradação.

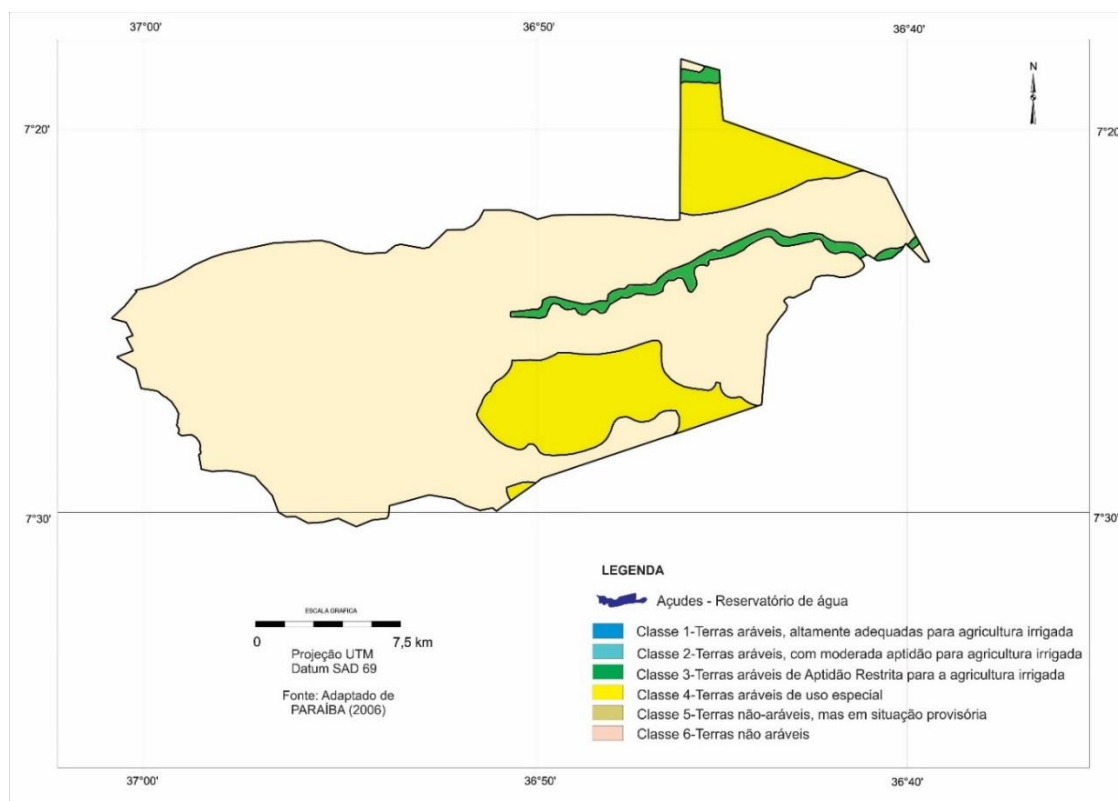


Figura 3. Aptidão para irrigação da área de estudo.
Fonte: Adaptado de PARAÍBA (2006); AESA (2012).

Observa-se Terras aráveis de uso especial da classe 4 (Figura 3), onde apresenta área de 70,98 km² representando 16,99% do total. Conforme PARAÍBA (2006), estas podem ter uma excessiva deficiência específica, ou deficiências suscetíveis de correção a alto custo, ou ainda, apresentar deficiências incorrigíveis, que limitam sua utilidade para determinadas culturas muito adaptadas ou métodos específicos de irrigação. As deficiências nessa classe podem ser a drenagem inadequada, topografia ondulada, pequena profundidade efetiva, excessiva pedregosidade, textura grossa, salinidade e, ou, sodicidade. Possuem capacidade de pegamento com grande amplitude de variação.

As Terras aráveis de uso especial da classe 4, é composta pelo Regossolo Eutrófico com fragipan, localizado ao norte e ao sul da área do município, atualmente reclassificado por Campos e Queiroz (2006) como Neossolos Regolítico Psamítico típico em que, são solos submetidos a uma intensa utilização agrícola, e em virtude desta grande utilização e da textura arenosa dos mesmos são sujeitos a uma lixiviação intensa, observam-se, em alguns trechos, sinais de deficiência, principalmente de nitrogênio, bem como se verifica baixa produtividade. Apresentam como principais limitações, a baixa fertilidade natural, a

deficiência de água e em algumas áreas impedimentos ao uso de implementos agrícolas determinados pela rochosidade. O uso de adubação orgânica é indicado para estes solos, bem como adubação fosfatada

As Terras não aráveis da classe 6 (Figura 3), apresentam área de 335,45 km² representando 80,30% do total. Conforme PARAÍBA (2006), estas incluem as terras que não satisfazem os requisitos mínimos das outras classes e, portanto, são inadequadas para irrigação convencional. Geralmente compreendem terras com solos rasos; terras com solos influenciados por sais e de recuperação muito difícil devido à textura muito argilosa, posição ou condições do substrato; terras com textura arenosa, tendo baixa capacidade de retenção de água disponível; terras dissecadas e severamente erodidas; terras representadas por canais de transbordamento e escoamento; terras com muita pedregosidade e, ou, rochosidade; terras muito elevadas ou com topografia excessivamente declivosa ou complexa; e todas as outras áreas obviamente não-aráveis.

Nas Terras não aráveis da classe 6, é composta pelos Solos Litólicos Eutróficos, distribuído por toda a área do município, atualmente reclassificado por Campos e Queiroz (2006) como Neossolos Litólicos Eutróficos

típico, e de acordo com Cavalcante et al. (2005), estes apresentam baixas condições para um aproveitamento agrícola racional, tendo em vista as limitações fortes existentes, provocadas pelo relevo forte ondulado, pedregosidade, rochoso e reduzida profundidade dos solos, além da deficiência de água que só permite a presença de culturas resistentes à estiagem. Só é possível a exploração destes solos pelos sistemas primitivos de agricultura já existentes.

A classe 6 das Terras não aráveis também ocorrem o Bruno Não Cálcico, atualmente reclassificados por Campos e Queiroz (2006) como Luvisolos Crômicos órtico típico, e de acordo com Cavalcante et al. (2005), que tendo em vista as condições do solo e o clima regional, verifica-se que o aproveitamento com pecuária é indicado, desde que sejam feitas reservas de forragens para o período seco, bem como seja intensificado o cultivo de palma forrageira, além do aproveitamento intensivo das vazantes.

Conclusão

Para o município de São José dos Cordeiros, 2,71% da área total que representa 11,31 km² de Terras aráveis da classe 3, apresentam aptidão para irrigação, onde podem ser utilizados para o cultivo intensivo de diversas culturas.

As Terras aráveis de uso especial da classe 4, representando 16,99% com área de 70,98 km², que apesar das deficiências que limitam sua utilização para determinadas culturas, podem ser utilizadas para irrigação.

As Terras não aráveis da classe 6, apresentam a maior área de 335,45 km² representando 80,30% do total composta pelos Neossolos Litólicos Eutróficos típico e pelos Luvisolos Crômicos órtico típico com limitações fortes existentes, inadequadas para irrigação convencional.

Referências

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. João Pessoa, 2011. Disponível em: <http://geo.aesa.pb.gov.br>. Acesso em: 9 de julho 2018.

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. 2011. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br>. Acesso em 25 de março de 2011.

AMARAL, F. C. S. DO. Sistema brasileiro de classificação de terras para irrigação: enfoque na Região Semi-Árida. Rio de Janeiro: Embrapa

Solos, 2005. 218p. Convênio Embrapa Solos/CODEVASF.

AMORIM NETO, M. DA S.; BELTRÃO, N. E. DE M.; MEDEIROS, J. DA C. Indicadores edafoclimáticos para o zoneamento do algodoeiro arbóreo. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 10, 1997, Piracicaba. Anais...Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p.369-371.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento Exploratório e de Reconhecimento dos Solos do Estado da Paraíba. (Boletins DPFS-EPE-MA, 15 - Pedologia, 8). Rio de Janeiro. Convênio MA/CONTA/USAID/BRASIL, 1972.

BRASIL. Ministério da Integração. Projeto São Francisco. Integração de Bacias. Distribuição da água. 2017. Disponível em: <http://www.integracao.gov.br/web/guest/dist-ribuicao-da-agua>. Acesso em: 7 de janeiro de 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAN-BRASIL. Brasília-DF, 2005, 213p.

CAMPOS, M. C. C.; QUEIROZ, S. B. Reclassificação dos perfis descritos no Levantamento Exploratório - Reconhecimento de solos do estado da Paraíba. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v.6, n.1, 2006.

CAVALCANTE, F. de S.; DANTAS, J. S.; SANTOS, D.; CAMPOS, M. C. C. Considerações sobre a utilização dos principais solos no estado da Paraíba. Revista Científica Eletrônica de Agronomia, v.4, n.8, 2005.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de São José dos Cordeiros, estado da Paraíba. (Org.) MASCARENHAS, J. DE C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JUNIOR, L. C. DE; MORAIS, F. DE; MENDES, V. A.; MIRANDA, J. L. F. DE. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 10p.

DUARTE, S. M. A.; BARBOSA, M. P. Estudo dos recursos naturais e as potencialidades no semiárido, estado da Paraíba. Engenharia Ambiental, v.6, n.3, p.168-189. 2009.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Visão 2030 : O futuro da agricultura brasileira. Brasília, 2018. 212p.

FRANCISCO, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. 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; SANTOS, D. Tecnologia da geoinformação aplicada no mapeamento das terras à mecanização agrícola. *Revista Educação Agrícola Superior*, v.29, n.1, p.45-51, 2014.

FRANCISCO, P. R. M.; PEDROZA, J. P.; BANDEIRA, M. M.; SILVA, L. L. DA; SANTOS, D. Mapeamento da insolação do Estado da Paraíba utilizando krigagem. *Revista de Geografia*, v.33, n.1, p.248-262, 2016.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D.; LIMA, E. R. V. DE. Potencial Pedológico do Estado da Paraíba para as principais culturas. Campina Grande: EDUEFG, 2017. 102p.

GLERIANI, J. M. Concórdância 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. Julho, 2000.

GUEDES FILHO, D. H.; SANTOS JÚNIOR, J. H.; COSTA FILHO, J. F. DA; FRANCISCO, P. R. M.; CAMPOS, V. B. Análise comparativa de modelos que estimam a evapotranspiração de referência (ET₀) nas condições climáticas de Areia-PB. In: *Congreso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola*, 9, Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 39, 2010, Vitória. Anais...Vitória, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 12 março, 2011.

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.

PARAIBA. Governo da Paraíba. Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral Fundação Instituto de Planejamento-FIPLAN. Potencial e irrigação e oportunidades agroindustriais no Estado da Paraíba. 1980. 287p.

PARAÍBA. Governo do Estado. 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 da Educação – UFPB. Atlas Geográfico da Paraíba. João Pessoa. Grafset, 1985.

PARAÍBA. Secretaria de Agricultura e Abastecimento – CEPA – PB. Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba. Relatório. UFPB-ELC. Dez, 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.

PAULINO, J. A Engenharia no dia a dia. 2010. Disponível em: <http://engenharianodiaadia.blogspot.com/2010/05/o-diagnostico-ambiental.html>. Acesso em: 12 dez. 2011.

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.

SAMPAIO, C. B. V.; WEILL, M. DE A. M.; DOURADO, C. DA S.; SAMPAIO FILHO, C. V. Classificação do potencial de terras para irrigação na região do alto da bacia do rio Itapicuru. In: *Reunião Sul-americana para Manejo e Sustentabilidade da irrigação em Regiões Áridas e Semiáridas*, 2, Cruz das Almas, 2011. Anais...Cruz das Almas, 2011.

SANCHEZ, P. A.; AHAMED, S.; CARRE, F.; HARTEMINK, A. E.; HEMPEL, J.; HUISING, J.; LAGACHERIE, P.; MCBRATNEY, A. B.; MCKENZIE, N. J.; MENDONCA-SANTOS, M. D.; MINASNY, B.; MONTANARELLA, L.; OKOTH, P.; PALM, C. A.; SACHS, J. D.; SHEPHERD, K. D.; VAGEN, T. G.; VANLAUWE, B.; WALSH, M. G.; WINOWIECKI, L. A.; ZHANG, G. L. Digital soil map of the world. *Science*, v.325, p.680-681, 2009.

SOUSA, R. F. DE; CORDÃO SOBRINHO, F. P.; BELTRÃO, N. E. DE M.; FEITOSA, P. H. C.; ARAÚJO, A. E. DE; MOTTA, J. D.; GONZAGA, E. DA N. Aptidão pedoclimática da cultura do algodão herbáceo na área do assentamento Campo Comprido I Patos, PB. In: *IV Congresso Brasileiro de Algodão*, Goiânia, 2003. Anais...Goiânia, EMBRAPA, 2003.

USA. Department of Interior. Bureau of Reclamation. Reclamation manual: irrigated land use: land classification. Denver, 1953. 54p. v.5, part.2.

VERDUM, R.; MEDEIROS, R. M. V. RIMA - Relatório de Impacto Ambiental: Legislação, Elaboração e Resultados. 4 ed. Porto Alegre: UFRGS, 2002.

Capítulo 2

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E VIGOR DE SEMENTES DE AMBURANA CEARENSIS A. C. SMITH (FABACEAE)

Alexandro Dias Martins Vasconcelos¹

Maria José de Holanda Leite²

Fernando Paiva Scardua³

Rosana de Carvalho Cristo Martins⁴

Robson José de Oliveira⁵

Felipe Silva Amorim⁶

Anderson Marcos de Souza⁷

¹Doutorando em Ciências Florestais, Universidade de Brasília, UnB, alexandrodmv@hotmail.com

²Dra. Profa. Departamento de Florestal, UFAL, maryholanda@gmail.com

³Dr. Prof. Universidade de Brasília, UnB, fscardua00@yahoo.com.br

⁴Dra. Profa. Universidade de Brasília, UnB, roccristo@gmail.com

⁵Dr. Prof. Associado, Universidade Federal do Piauí, UFPI, robson_ufpi@yahoo.com.br

⁶Mestre em Ciências Florestais, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, felipeamorim36@hotmail.com

⁷Dr. Prof. Universidade de Brasília, UnB, andersmsouza@yahoo.com.br

Introdução

A espécie *Amburana cearensis* (Allemão) A.C Smith pertence à família Fabaceae, nativa da caatinga nordestina, pode ser encontrada também nas regiões Norte Sudeste e Centro Oeste. Atinge entre 10 a 12 m de altura (SANTOS et al., 2009). Popularmente conhecida como amburana de cheiro, cumaru, imburana, cerejeira. *Amburana cearensis* apresenta comportamento ortodoxo, sem dormência tegumentar em suas sementes, e tem potencial germinativo acima de 90% em plantios realizados logo após coletas (ANGELIM et al., 2007; SANTO et al., 2010; GUEDES et al., 2013). O teste de germinação proporciona a averiguar a qualidade das sementes, por meio de técnicas que permitem a avaliação do vigor. O teste de condutividade elétrica permite essa verificação, sobre tudo com relação ao envelhecimento das mesmas.

O teste de condutividade elétrica é considerado como um teste bioquímico com base na integridade das membranas celulares, uma vez que, sementes menos vigorosas liberam mais solutos para o meio, visto que, a velocidade do restabelecimento das membranas durante a embebição é menor. As diferenças no vigor das sementes são dadas na comparação entre os valores das leituras da liberação de solutos (MARCOS FILHO, 2015).

O uso da condutividade elétrica proporciona elevado nível de confiança nos resultados, por se tratar de uma técnica que proporciona agilidade no tempo de execução, padronização, aperfeiçoamento e

estabelecimento dos métodos de análise, sendo de grande importância da pesquisa científica na área de tecnologia de sementes (GUOLLO et al., 2017).

Esse tipo de pesquisa pode proporcionar uma informação importante no que se refere ao produtividade, uma vez que se pode analisar os períodos mais favoráveis para produção de mudas, e, a conservação da espécie.

Assim, objetiva-se neste trabalho verificar a viabilidade e o vigor das sementes de *Amburana cearensis* através de testes de condutividade elétrica e de pH de exsudato qualitativo seguidos do teste de germinação.

Material e Métodos

Coletaram-se os frutos de *Amburana cearensis* de matrizes aleatórias em diferentes áreas de Caatinga, no município de Catolé do Rocha, Paraíba (06°20'38" S e 37°44'48" W). Os frutos maduros foram acondicionados em sacos plásticos, levados para beneficiamento no Laboratório de Nutrição de Plantas, na Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Patos-PB, e, em seguida, armazenadas em recipiente de vidro em temperatura ambiente.

Após o período de armazenamento, por 20 meses, as sementes foram transportadas para Laboratório de Sementes Florestais do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, para a condução dos testes de vigor e viabilidade.

Teor de umidade

Para determinação do teor de umidade foram utilizadas duas repetições de 25 sementes cada, dispostas em cápsulas de alumínio onde foram levadas à estufa a 105°C, pelo período de 24 horas. A determinação foi realizada pela fórmula $U\% = (PU - PS) / PU$, onde $U\%$ = Teor de umidade, PU = Peso úmido PS = Peso seco, conforme Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), sendo realizada antes e após o armazenamento.

Condutividade elétrica

As sementes foram previamente desinfestadas de acordo com o protocolo do Laboratório de Sementes Florestais da UnB, com a imersão em solução de hipoclorito de sódio 2% por cinco minutos, seguida de lavagem em água corrente de 5 a 10 minutos. Após esse procedimento, foram postas para embeber, em substrato umedecido por 24 horas, e câmara de germinação a 35°C, visando à reativação metabólica das mesmas.

A posteriori, foram aplicados os testes de condutividade elétrica e de pH de exsudato qualitativo, seguidos de teste padrão de germinação. Para a realização do teste de condutividade elétrica adotou-se o método massal, com 25 sementes depositadas em recipiente plástico contendo 70 mL de água destilada e encaminhada para câmara de germinação a 35°C. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos: T1 (testemunha, apenas reativação metabólica), T2 (40 minutos), T3 (80 minutos) e T4 (120 minutos), ambos com quatro repetições de 25 sementes, cada.

Após cada período, avaliou-se a carga elétrica do meio de embebição em função da liberação de íons lixiviados, com o auxílio de condutivímetro de bancada. Em seguida, os meios de embebição foram submetidos, de imediato, ao teste de pH de exsudatos pelo método colorimétrico (qualitativo), utilizando o método proposto Cabrera e Peske (2002) onde foram aplicadas duas soluções indicadoras para verificar o pH: (1) A solução indicadora de fenolftaleína que é composta de 1 g de fenolftaleína dissolvida em 100 mL de álcool absoluto e a adição de 100 mL de água destilada e fervida; (2) a solução indicadora de carbonato de sódio que é composta de 8,5 g/L de água destilada e fervida. Para cada 70 ml de meio de

embebição foram aplicadas 7 gotas de cada solução. Para esse tratamento o resultado é lido como soluções de embebição incolores e são indicadas como ácidas e, portanto, as sementes são consideradas inviáveis; ao passo que as soluções que apresentarem coloração rosa determinam um meio básico e, portanto, as sementes encontram-se viáveis.

Teste germinação

As sementes foram postas para germinar em substratos vermiculita em caixas gerbox, devidamente identificadas e depositados em câmara de germinação tipo B.O.D. a 35°C, com fotoperíodo de 12 horas. O monitoramento da umidade dos substratos, e germinação das sementes foi realizado a cada 2 dias, ao longo de 15 dias. Foi adotado o critério botânico para verificação da germinação, considerando como semente germinada, aquela que emitiu radícula em pelo menos 2mm de comprimento (FERREIRA & BORGHETTI, 2004). Além da porcentagem de germinação, também foram analisados o índice de velocidade de germinação (IVG) (MAGUIRE, 1962), a primeira contagem de germinação, e a porcentagem de sementes mortas.

Os dados foram avaliados através da análise de variância, aplicado o teste de Tukey para comparação das médias a 5% de significância. Conforme a necessidade, os dados expressos em porcentagem foram transformados em " $\arcsin(\sqrt{x/100})$ ". Os dados foram analisados no software SISVAR, versão 5.6 (FERREIRA, 2014).

Resultados e Discussão

O teor de água encontrada nas sementes de *Amburana cearensis* é de 14,32% antes do armazenamento, e 7,47% após o armazenamento. Esse perda é importante para as sementes ortodoxas, pois o teor de água é um dos fatores mais importantes para a manutenção da viabilidade ao longo do tempo, pois é dessa maneira que as espécies prolongam a sua viabilidade (FOWLER, 2000).

Verifica-se que, não ocorre diferença estatística na porcentagem da primeira contagem de germinação, na porcentagem final de germinação e no índice de velocidade de germinação. Contudo, os tratamentos apresentam diferença estatística no peso de cada tratamento (Tabela 1).

Tabela 1. Resultados da análise dos tratamentos

Tratamentos	PC (%)	G (%)	IVG	Peso (g)
T1 (0 min)	51 _a	55 _a	2,605 _a	13,57 _a
T2 (40 min)	46 _a	49 _a	2,165 _a	12,21 _b
T3 (80 min)	55 _a	56 _a	2,600 _a	12,14 _b
T4 (120 min)	60 _a	62 _a	3,025 _a	13,74 _a
CV (%)	19,29	23,21	29,51	5,07

Legenda: Primeira contagem de germinação (PC%), porcentagem de germinação (G%) índice de velocidade de germinação (IVG) e peso das sementes. Nota* Médias seguidas pela mesma letra, não apresentam diferenças estatísticas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Mesmo não havendo diferença na primeira contagem (sétimo dia de implantação), e no índice de velocidade de germinação, observa-se que, no tratamento 4 as sementes mantiveram maior vigor germinativo dentre os tratamentos. O tratamento 4 também apresenta a maior porcentagem de germinação com 60%, e melhor desempenho quanto ao IVG.

As sementes do tratamento 4 e do tratamento 1, apresentam maiores valores quanto ao peso, sendo diferentes estatisticamente dos demais tratamentos. É natural a ocorrência de variações quanto ao peso, que pode acontecer dentro e entre amostras ou lotes. Fatores ambientais,

genéticos, teor água e relacionados ao desenvolvimento podem ocasionar essa diferença (SCHMIDT, 2007).

Um fato que explica a baixa germinação das sementes, é a porcentagem de sementes duras e mortas, que não apresentam diferença estatística para essas variáveis pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As sementes de *Amburana cearensis* são consideradas ortodoxas pelo baixo teor de água. No entanto, mesmo com tal característica, o percentual de sementes duras e mortas é considerado elevado. Dessa forma, o uso de sementes armazenadas acima de 20 meses inviabiliza a produção de mudas (Figura 1).

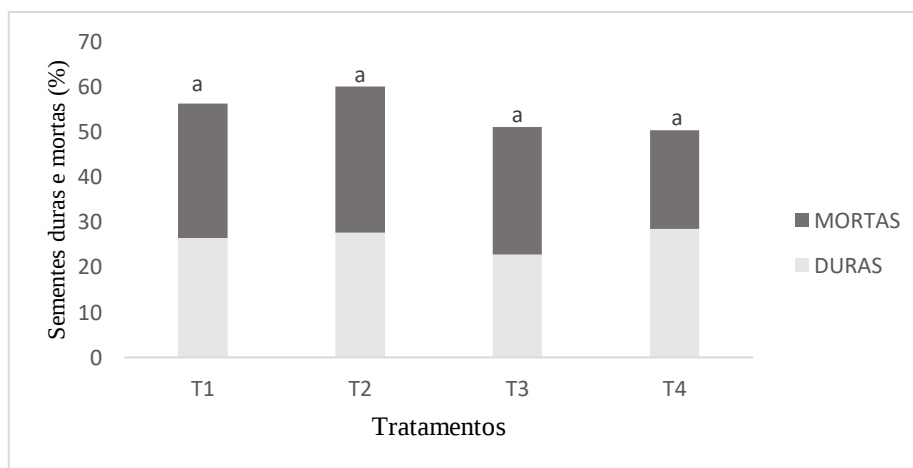


Figura 1. Porcentagem de sementes duras e mortas de *Amburana cearensis* submetidas ao teste de condutividade elétrica (CV = 17,45 e 19,19%, respectivamente).

O tratamento 4 apresenta a menor porcentagem de sementes mortas, porém com maior percentual de sementes duras. O tratamento 2 demonstra maior percentual de sementes mortas dentre os tratamentos, superando o tratamento controle.

Constata-se baixo percentual germinativo das sementes em todos os tratamentos, que caracteriza perda de quase 50% da viabilidade. O período de armazenamento pode influenciar nos resultados obtidos, tanto no teste de

germinação, como nos demais parâmetros morfológicos (DELAZERI et al., 2016; GUEDES et al., 2013).

As condições de armazenamento em recipiente de vidro provoca o envelhecimento acelerado das sementes, ocasionando a redução na viabilidade das mesmas, diminuindo a porcentagem de germinação, indicando uma perda da qualidade fisiológica das sementes (GUEDES et al., 2013). Elevadas temperaturas e umidades constituem fatores principais no processo de envelhecimento natural das

sementes, ocasionando danos oxidativos, resultando na deterioração de proteínas do DNA, bem como de estruturas celulares, o que causa a perda da viabilidade da semente (WATERWORTH et al., 2016)

Dessa forma, pode-se verificar que, as sementes de *Amburana cearensis* possuem baixa viabilidade quando armazenadas por período acima de 20 meses, no qual as condições de armazenamento contribuem para os resultados obtidos, dado a utilização de recipientes de vidro em condições ambientais, com elevada porcentagem de mortalidade, mesmo apresentando-se com a coloração rosa pelo teste pH e exsudatos.

O teste de pH de exsudato qualitativo verificou-se que as soluções dos tratamentos apresentaram coloração rosa, indicando que as sementes estavam viáveis. Para tanto, de maneira geral, o teste pH exsudatos apresentou baixa precisão para essa espécie, ou seja, não foi eficiente, pois pelo teste, a princípio, as sementes demonstravam-se viáveis, fato este que não se confirmou após realização dos testes.

Com relação ao teste de condutividade elétrica, os tratamentos apresentaram diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% (Figura 2).

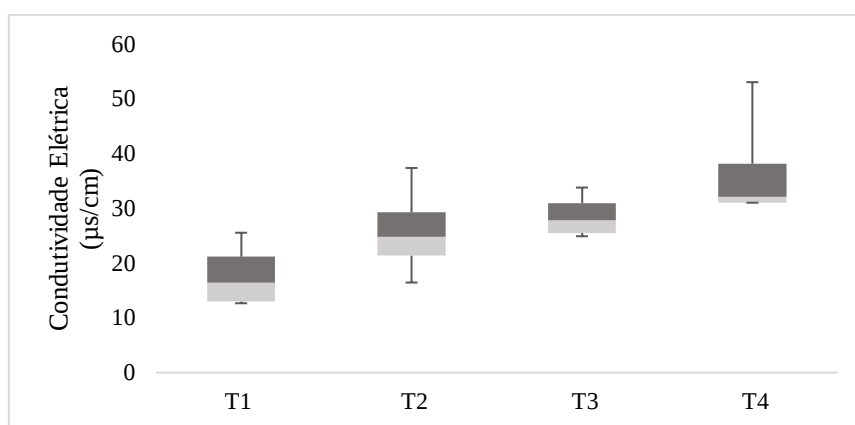


Figura 2. Comparação da condutividade elétrica encontrada nos diferentes tratamentos (CV = 28,70%) a que as sementes de *Amburana cearensis* foram submetidas.

Verificou-se que à medida que aumenta o tempo de imersão das sementes no meio de embebição, há elevação da condutividade elétrica. Quando uma semente apresenta baixo vigor, ocorre uma maior liberação de exsudatos, que provoca o aumento da condutividade elétrica do meio de embebição (MARCOS FILHO, 2015). Uma menor lixiviação de exsudatos mantém maior potencial germinativo, consequência da maior capacidade de reestruturação de membranas celulares durante o processo de embebição (DOTTO & SILVA, 2017).

Oliveira et al. (2011) também constataram porcentagem de germinação variável entre 7 a 84% em sementes de *Amburana cearensis* a partir da análise da condutividade elétrica submetidas a tratamentos de termoterapia e tratamento químico, no qual o tratamento controle (0 min) obteve resultados superiores aos demais tratamentos (5, 10 e 20 min).

O teste de condutividade elétrica estima a permeabilidade seletiva de membranas celulares, que demonstra eficiência do teste,

pois há o aumento da condutividade elétrica do meio de embebição das sementes envelhecidas naturalmente de *Amburana cearensis*. No entanto, pode variar dentro de uma mesma espécie, pois cada matriz pode possuir características específicas (fisiológica, genética e sanitária) que pode afetar diretamente os valores da condutividade elétrica particularmente (GUOLLO et al., 2017). Dessa forma, os resultados demonstram que, o teste de condutividade elétrica é adequado para realizar o monitoramento da qualidade fisiológica de sementes de *Amburana cearensis*.

Conclusão

As sementes de *Amburana cearensis* apresentaram baixa viabilidade, bem como vigor germinativo após um período superior a 20 meses de armazenamento. Verificou-se também, que o peso influenciou diretamente no desempenho germinativo das sementes.

Os testes de pH exsudatos qualitativo não ofereceram resultados confiáveis para espécie, com relação ao vigor e viabilidade de germinação das sementes.

Referências

- ANGELIM, A. E. S.; MORAES J. P. S.; SILVA, J. A. B.; GERVÁSIO, R. C. R. G. Germinação e aspectos morfológicos de plantas de umburana de cheiro (*Amburana cearensis*) encontradas na região do Vale do São Francisco. *Revista Brasileira de Biociências*, v.5, supl.2, p.1062-1064, 2007.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 365p.
- CABRERA, A. C.; PESKE, S. T. Testes do pH do exsudato para sementes de milho. *Revista Brasileira de Sementes*, v.24, n.1, p.134-140, 2002.
- DELAZERI, P.; GARLET, J.; SOUZA, G. F. Teste de condutividade elétrica em lotes de sementes de *Schinus molle* L. *Floresta e Ambiente*, v.23, n.3, p.413-417, 2016.
- DOTTO, L.; SILVA, V. N. Envelhecimento acelerado para avaliação do vigor de sementes de *Parapiptadenia rígida*. *Centro Científico Conhecer*, v.4, n.7, p.218-226, 2017.
- FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, v.38, n.2, p.109-112, 2014.
- FOWLER, J. A. P. Superação de dormência e armazenamento de sementes de espécies Florestais. In: GALVÃO, A. P. M. (Org.) Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. p.77-99.
- GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; OLIVEIRA, L. S. B. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de *Chorisia glaziovii* (Kuntze) (Malvaceae). *Biosci. Journal*, v.29, n.2, p.378-385, 2013.
- GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; COSTA, E. M. T.; SANTOS-MOURA, S. S.; SILVA, R. S. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith. *Biosci. Journal*, v.29, n.4, p.859-866, 2013.
- GUOLLO, K.; POSSENTI, J. C.; FELIPPI, M.; QUIQUI, E. M. D.; LOIOLA, T. M. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes florestais através do teste de condutividade elétrica. *Colloquium Agrariae*, v.13, n.1, p.86-92, 2017.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, v.2, n.2, p.176-177, 1962.
- MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. *Scientia Agricola*, v.72, n.4, p.363-374, 2015.
- OLIVEIRA1, M. D. M.; NASCIMENTO, L. C.; ALVES, E. U.; GONÇALVES, E. P.; GUEDES, R. S.; SILVA NETO, J. J. Qualidade sanitária e fisiológica de sementes de *Amburana cearensis* A.C. Smith submetidas à termoterapia e tratamento químico. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.33, n.1, p.45-50, 2011.
- SCHMIDT, L. Tropical forest seed. New York: Springer, 2007. 409p.
- SANTOS, A. P. B.; NASCIMENTO, M. F. S.; SANTO, F. S. E. Guia de campo de árvores. Petrolina, v.1, 2009, 64p.
- SANTO, F. S. E.; SIQUEIRA FILHO, J. A.; MELO JÚNIOR, J. C. F.; GERVÁSIO, E. S.; OLIVEIR, A. M. B. Quanto vale as sementes da Caatinga? Uma proposta metodológica. *Revista Caatinga*, v.23, n.3, p.137-144, 2010.
- WATERWORTH, W. M.; FOOTITT, S.; BRAY, C. M.; FINCH-SAVAGE, W. E.; WEST, C. E. DNA damage checkpoint kinase ATM regulates germination and maintains genome stability in seeds. *PNAS- Proceedings of The National Academy of Science*, v.113, n.34, p.9647-9652, 2016.

Capítulo 3

ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA RESIDUÁRIA UTILIZADA COMO ALTERNATIVA PARA A AGRICULTURA IRRIGADA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

João Henrique de Andrade Cabral¹

Patrícia Ferreira da Silva²

Rigoberto Moreira de Matos³

Semako Ibrahim Bonou⁴

Bárbara Davis Brito dos Santos⁵

¹Graduando em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, jandrade.cabral@gmail.com

²Pós-Doc. em Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB, patrycyafs@yahoo.com.br

³Doutorando em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, rigobertomoreira@gmail.com

⁴Graduando em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, bonouibrahim@gmail.com

⁵Mestranda em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, bdavis.2340@gmail.com

Introdução

As condições de escassez hídrica nas regiões semiáridas são influenciadas pela irregularidade das precipitações, consideradas um dos fatores que mais limitam a produção agrícola. Em função da reduzida disponibilidade de água de qualidade, o reuso de águas residuárias torna-se uma alternativa para a agricultura irrigada.

Nesse sentido, de acordo com Lemos et al. (2018), a aplicação gerenciada de águas residuárias tratadas na agricultura irrigada tem vários benefícios, sejam eles ambientais, incluindo a absorção e reciclagem de nutrientes do efluente, bem como o aumento da disponibilidade de água. O reuso tem se constituído em uma alternativa para diminuir a pressão de demanda sobre os mananciais, devendo ser inserido nos primeiros estágios do planejamento de recursos hídricos (URKIAGA et al., 2008; SCHAEER-BARBOSA et al., 2014).

No entanto, Varallo et al. (2010) afirmam que, a água de reuso quando aplicada de forma inadequada pode causar danos às culturas agrícolas, propriedades físicas e químicas do solo, bem como ao meio ambiente. Já Pacheco et al. (2017) relatam que, o correto monitoramento dessas águas residuárias são necessários para avaliar seus efeitos sobre o meio ambiente como todo.

Os parâmetros das qualidades das águas são regidos pela resolução nº 357 do CONAMA (BRASIL, 2005). Esta resolução estabelece as classes de águas e os valores máximos permitidos (VMP) de substâncias químicas potencialmente prejudiciais, além de valores relativos a parâmetros físico-químicos e biológicos. De acordo com Borges et al. (2018), esses parâmetros são fundamentais para

determinação da qualidade da água, seja para águas superficiais ou subterrâneas.

A gestão dos recursos naturais é fundamental para preservar a água de qualidade para fins nobres, assim como auxiliar no desenvolvimento de técnicas alternativas para aproveitamento dos efluentes na agricultura, este que, por sua vez, são extremamente ricos em nutrientes minerais que podem ser assimilados pelas plantas. Deste modo, abordagens multivariadas, como Análise Fatorial (AF) e Análise de Componentes Principais (ACP), tem sido uma ferramenta utilizada com sucesso na gestão dos recursos hídricos (ZHANG et al., 2010).

De acordo com Guedes et al. (2012), a análise multivariada é amplamente utilizada quando se deseja promover a redução do número de variáveis com a menor perda de informações. A análise de componentes principais é um dos métodos de análise estatística mais utilizada para resolver problemas clássicos de análise fatorial, que por sua vez, permite a redução do número de variáveis facilitando a extração de informações que serão de grande relevância na avaliação da qualidade das águas e no manejo da bacia.

Dada à relevância da temática, objetiva-se através deste trabalho analisar a qualidade da água residuária utilizada por agricultores como alternativa para a agricultura irrigada na região do semiárido brasileiro utilizando estatística multivariada.

Material e Métodos

Localização da área e condução do estudo

O estudo foi conduzido nos municípios de Patos-PB no Sítio Felicidade, Santa Luzia-PB na fazenda Poço Redondo e Santana do Seridó-

RN (Figura 1), em 2017 e 2018, ambas inseridas na região semiárida brasileira e possuem respectivamente as coordenadas geográficas de latitude $06^{\circ} 52' 27''$ S, longitude $36^{\circ} 56' 00''$

WGr, e altitude de 299 m; latitude $07^{\circ} 02' 10,26''$ S e longitude $37^{\circ} 14' 52,77''$ WGr, e altitude de 242 m; latitude: $6^{\circ} 45' 58''$ S, longitude: $36^{\circ} 44' 0''$ W, e uma altitude de 304 m (IBGE, 2011).

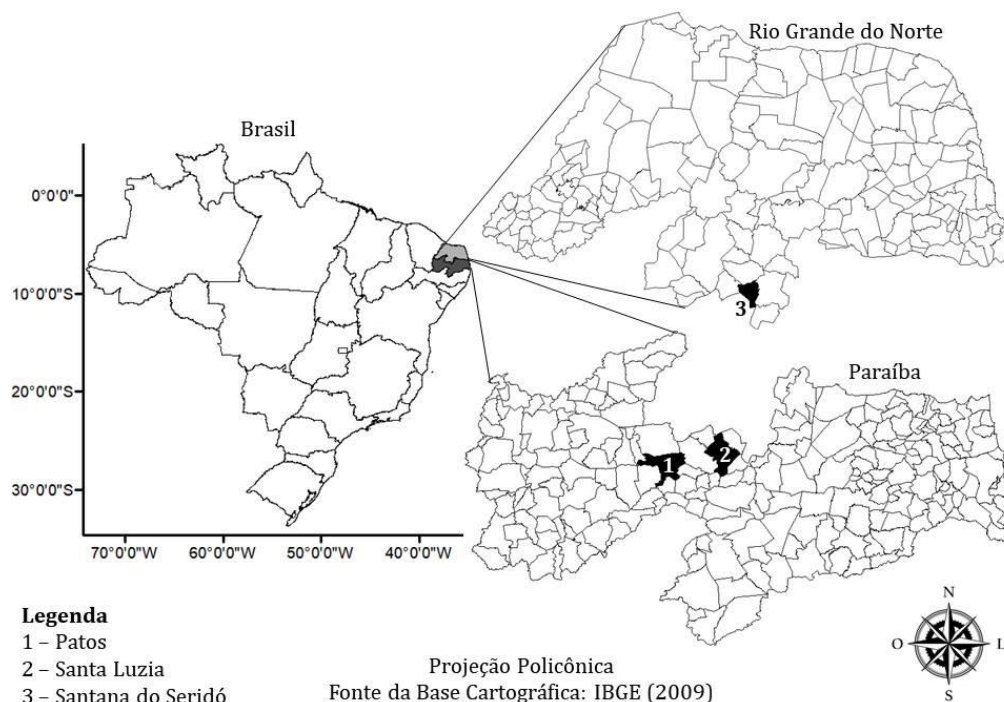


Figura 1. Localização da área de estudo. Fonte: Adaptado de IBGE (2009).

Os solos predominantes nos três municípios estudados são os Neossolos Litólicos, Planossolos Solódicos, Neossolos Regolíticos Distróficos e Eutróficos (FRANCISCO, 2010). O relevo possui como característica a diversificação da forma por diferentes processos, os terrenos são fortemente ondulados e montanhosos com solos rasos e pedregosos, sendo a vegetação do tipo caatinga hipoxerófila (FRANCISCO et al., 2017).

A principal característica dessas regiões não é a ausência de chuvas, mas sua irregularidade (RODRIGUES, 2002). A precipitação média é em torno de 500mm com maior concentração nos meses de janeiro a maio. A temperatura média é em torno de $27,6^{\circ}\text{C}$, com média máxima de 33°C e mínima de $22,3^{\circ}\text{C}$, e a umidade relativa do ar oscila de 50 a 70% (SILVA, 2017). Os dados de precipitação dos municípios de Patos e Santa Luzia foram obtidos da AESA (2019) e de Santana do Seridó da EMPARN (2019).

Foram coletados dados de precipitação dos três municípios estudados, junto a AESA e a EMPARN para verificar se a precipitação influenciou na qualidade da água destes locais nos anos de 2017 e 2018.

Análises físicas e químicas das águas residuárias

As coletas de águas residuárias nos locais de estudo foram realizadas a cada 2 meses e durante 2 anos, entre as 8h00 e às 12h00 da manhã, onde para o armazenamento das amostras foram utilizadas garrafas plásticas, com volume de 1000 ml, sendo previamente higienizadas com a própria água do local. Após a coleta, os recipientes foram hermeticamente fechados, devidamente identificados e acondicionados em isopor e preservadas à temperatura de 0 a 4°C .

As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), onde foram determinados o potencial de hidrogênio (pH), condutividade elétrica da água (CEa), cálcio (Ca^{++}), magnésio (Mg^{++}), sódio (Na^{+}), potássio (K^{+}), bicarbonato (HCO_3^{-}), carbonato (CO_3^{-}), cloreto (Cl^{-}) e RAS, em conformidade com Richards (1954). A classificação da água para fins de irrigação foi com base em Almeida (2010).

O monitoramento dos parâmetros físico-químicos das águas residuárias utilizadas na irrigação foi realizado a partir de amostras simples, sendo que a água do município de Santa Luzia – PB foi de poço amazona, já a de Patos-PB foi de um afluente do rio espinharas, e

a de Santana do Seridó é oriunda da Estação de Tratamento de Efluentes-ETE.

Análises microbiológicas das águas residuárias

Para análise microbiológica foram coletadas amostras de água no ponto de emissão do sistema de irrigação, e acondicionadas em recipientes apropriados, etiquetados e encaminhadas ao Laboratório de Referência em Dessalinização (LABDES/UFCG).

Para a preparação das amostras para as análises microbiológicas, foram tomadas por base orientações contidas na American Public Health Association (APHA), descritas na 4ª edição do Compendium of Methods for Microbiological Examination of Foods (DOWNES & ITO, 2001).

Foram avaliados o número mais provável (NMPg⁻¹) de coliformes totais e termotolerantes (45°C), determinados pela técnica dos tubos múltiplos em uma série de três tubos, e posteriormente realizada o teste presuntivo e o confirmatório, conforme metodologia proposta por Silva et al. (2010).

Para a *Escherichia coli* foi utilizado o método American Public Health Association (APHA, 2005).

Análise de metais pesados das águas residuárias

A determinação dos teores de metais pesados nos extratos das amostras de água foi obtida usando espectrofotômetro de emissão óptica de plasma acoplado por indução (ICP-OES). Os metais pesados analisados foram o Ni, Pb, Cd, Cr e Fe. Estes determinados no laboratório do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba – (UFPB - Campus Areia). Estes metais foram classificados com base nos valores máximos permissíveis (VMP) estabelecidos na resolução do CONAMA 357/2005.

Análise estatística

Os dados obtidos foram padronizados de modo a tornar a média nula e a variância unitária, em seguida, foram submetidos à análise de agrupamento hierárquico utilizando o método de Ward. A estrutura multivariada dos resultados foi avaliada por meio da Análise Exploratória de Componentes Principais (ACP), condensando-se a quantidade de informação relevante contida no conjunto de dados originais em um menor número de dimensões, resultantes de combinações lineares das variáveis originais geradas a partir dos autovalores mais elevados na matriz de covariância (HAIR et al., 2009).

Para determinar os fatores que representam a variabilidade dos dados, sem haver perda de informações, foi realizada a análise fatorial. A técnica de componente principal foi utilizada para a extração dos fatores. Considerando ainda o critério de Kaiser, no qual os autovalores dos fatores devem ser maiores que 1 (HAIR et al., 2009).

Resultados e Discussão

Análises Laboratoriais

Quanto aos dados da análise da qualidade de água obtidos em laboratórios (Tabela 1), utilizou-se a classificação de qualidade de água fornecida por Almeida (2010), e nota-se que, com exceção do município de Patos no ano de 2017, os municípios apresentam condutividade elétrica superior à recomendada para a agricultura irrigada, acima de 3 dS m⁻¹. No entanto, o mesmo município apresenta a maior condutividade elétrica no ano seguinte. Observa-se que, as menores condutividades elétricas são obtidas nos anos de maior volume de chuva para os municípios de Santa Luzia e Patos. Almeida (2010) afirma que, outros parâmetros têm influência na qualidade físico-químico da água, como por exemplo, a temperatura. O que pode explicar o que ocorre em Santana do Seridó.

Tabela 1. Resultados físico-químicos obtidos em laboratórios

Local/Ano	PH (meq L ⁻¹)	CE (dS m ⁻¹)	Ca (meq L ⁻¹)	Mg (meq L ⁻¹)	Na (meq L ⁻¹)	k (mg L ⁻¹)	CO ₃ (meq L ⁻¹)	HCO ₃ (meq L ⁻¹)
Santa L./17	7,89	4,63	86,00	85,68	697,82	73,32	0,00	606,95
Santa L./18	7,32	3,96	2,26	1,14	19,54	1,37	0,00	13,30
Patos/17	7,95	2,41	40,40	32,16	316,94	29,25	0,00	622,20
Patos/18	7,46	5,11	2,60	1,98	25,49	0,37	0,74	11,01
Santa do S./17	7,89	3,79	77,40	53,64	422,74	44,07	0,00	765,55
Santa do S./18	7,32	4,29	1,54	2,15	14,44	1,54	0,00	13,84
Média	7,64	4,03	35,03	29,46	249,50	24,99	0,12	338,81
Desvio Padrão	0,30	0,92	39,16	34,80	280,67	29,77	0,30	361,48

Legenda: Santa L. - Santa Luzia; Santana do S. - Santana do Seridó; CE - condutividade elétrica; Ca - cálcio, Mg - magnésio, Na - sódio; K - potássio, CO₃ - carbonatos; e HCO₃ - bicarbonatos.

Apesar disso, embora em anos contrários, as águas subterrâneas dos municípios de Santa Luzia e Santana do Seridó, apresentam condutividade elétrica similares, diferentemente da água coletada no município de Patos, de fonte superficial. Portanto, a formação geológica das rochas dos solos apresenta forte influência na composição e qualidade da água. Esses dados estão de acordo com os encontrados por Júnior et al. (2006), onde constataram que, a água encontrada no embasamento cristalino apresentaram condutividade elétrica acima de 3 dS m⁻¹, inviabilizando seu uso na irrigação.

A análise laboratorial das águas apresenta a classificação da água para irrigação segundo Richards (1954), onde foram classificadas em C4 no ano de 2018, sendo uma água de salinidade muito alta e não apropriada para irrigação devido ao risco de salinização do solo.

Os valores de sódio apresentam-se dentro dos limites estabelecidos (0 - 40 mql L⁻¹) para os anos de 2018 em todos os municípios. No ano de 2017, observa-se valores altos, principalmente para as águas subterrâneas. O ano de 2018 apresenta maiores índices de chuvas para as cidades de Santa Luzia, Santana do Seridó e as cidades de origem do rio espinharam. Embora o aumento da chuva possa ocasionar uma redução na qualidade da água carreando sais e minerais presentes no solo, também pode ocorrer à diluição das águas em seus reservatórios e, assim, diluir os sais presentes.

A concentração de cálcio e magnésio apresenta a mesma característica do sódio, onde se observa-se uma menor concentração, e

possível uso na agricultura no ano de maior volume de chuva. Já no ano de 2017, as concentrações são superiores ao limite indicado. No entanto, Júnior et al. (2006) afirmam que, a elevada concentração de cálcio + magnésio minimiza o efeito da concentração de sódio no aspecto de sodificação do solo. Portanto, embora no ano de 2017, ano de menor volume de chuva, apresenta maior concentração de sódio, também apresenta maior concentração de cálcio + magnésio, minimizando o efeito de sodificação.

Os carbonatos (CO₃) apresentam-se dentro do limite recomendado (0 - 0,1 meq L⁻¹), com exceção do município de Patos no ano de 2018. Para os bicarbonatos (HCO₃⁻) constata-se que todos estão acima do limite indicado (0 - 10 meq L⁻¹), havendo uma grande elevação no ano de 2017 em relação ao limite superior.

Quanto ao potássio - K, observa-se que, os valores obtidos apresentam-se dentro do limite (0 - 2 mg L⁻¹) no ano de 2018. Por outro lado, os valores estão acima do limite permitido no ano de 2017, apresentando maiores valores para as águas subterrâneas.

Os valores obtidos nas análises da água para o potencial hidrogeniônico apresentam-se dentro dos limites indicado (6 - 8,5), conforme Tabela 1.

Ainda de acordo com a classificação de Almeida (2010), observa-se que os metais pesados (Tabela 2) estão dentro dos limites estabelecidos para a agricultura em todos os municípios e em ambos os anos, com exceção do município de Santa Luzia no ano de 2017 que apresenta valor superior ao limite estabelecido para o ferro (0 - 5 mg L⁻¹).

Tabela 2. Resultados biológicos e químicos obtidos em laboratórios

Local/Ano	Coli. Totais (ufc)	Coli. Coli (ufc)	Ni (mg L ⁻¹)	Pb (mg L ⁻¹)	Cd (mg L ⁻¹)	Cr (mg L ⁻¹)	Fe (mg L ⁻¹)
Santa L./17	10110,00	146,00	0,0001	1,69	0,0001	0,0001	9,64
Santa L./18	2020,00	2020,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Patos/17	10110,00	10110,00	0,0001	1,89	0,0001	0,0001	4,64
Patos/18	2020,00	1260,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Santa do S./17	10110,00	146,00	0,0001	2,29	0,0001	0,0001	0,43
Santa do S./18	10100,00	10100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Média	7411,67	3963,67	0,00	0,98	0,00	0,00	2,45
Desvio Padrão	4176,37	4809,76	0,00	1,09	0,00	0,00	3,96

Legenda: Santa L. - Santa Luzia; Santana do S. - Santana do Seridó; Coli. Totais - coliformes totais; Coli. Coli - *Escherichia coli*; Ni - níquel, Pb - chumbo; Cd - cádmio; Cr - cromo, Fe - ferro.

Com exceção dos municípios de Santa Luzia e Santana do Seridó, ambos no ano de 2017 para a *Escherichia coli*, em que todas as

amostras analisadas apresentam valores superiores aos indicados pela resolução nº 357 do CONAMA (BRASIL, 2005) para os coliformes.

Demonstrando que, com o aumento do volume de chuva, há uma tendência de carreamento desses microrganismos, principalmente de dejetos humanos. O rigoroso controle de coliformes e atividades agrícolas torna as águas analisadas fora do padrão para utilização na produção de alimentos, o controle da presença destes elementos deve ser muito rigoroso, principalmente quando se trabalha com irrigação de culturas que serão consumidas in natura, onde não deve apresentar mais que 200 coliformes termotolerantes em 100 ml em 80% de 6 amostras coletadas durante um ano. Nas outras culturas, embora não haja o consumo direto in natura, é necessário uma água de boa qualidade, sem coliformes, para não colocar em risco a saúde dos irrigantes (SILVA et al., 2011).

Portanto, como identificado na análise de componentes principais, componente principal 1, para todos os municípios no ano de 2018, este de maior volume de chuva (Figura 3), observa-se que, as variáveis coliformes totais e condutividade elétrica apresentam maior influência, ambos em valores superiores aos limites estabelecidos, o que explica tal influência. Além disso, a ocorrência de maior volume de chuva pode explicar o carreamento de sais e microrganismos. A componente principal 1, também enquadra os municípios no ano de 2017 com as demais variáveis. O ano de 2017 apresenta o menor volume de chuva (Figura 3), e, portanto foi influenciado pelos sais

e minerais, estes que por sua vez, apresentam valores superiores aos limites permitidos.

A componente principal 2, embora tenha menor variação dos dados, divide em 2 grupos, onde o primeiro encontram-se os municípios de Patos e Santana do Seridó, nos anos de 2017 e 2018, respectivamente. O segundo agrupa os demais municípios e anos. O primeiro grupo sofre influência da *Escherichia Coli*, em que ambos os municípios apresentam valores elevados de *Escherichia Coli*, estando fora do padrão estabelecido. Além disso, ambas apresentam volumes de chuva semelhantes, pouco mais de 630mm.

O segundo grupo aglomera os demais municípios e anos e que sofre influência da condutividade elétrica. Constata-se que, a condutividade elétrica dos municípios desse grupo foram próxima ou superior a 4 dS m^{-1} , sendo assim, classificadas em água de salinidade muito alta e não apropriada para irrigação de culturas agrícolas, de acordo com Richards (1954), onde esse fator pode explicar a influência dessa variável nas cidades e anos analisados.

Análise de componentes principais

A percentagem de variação dos dados da análise de componentes principais que explica, 100% da variação dos dados encontra-se na Tabela 3.

Tabela 3. Porcentagem de variação dos dados da análise de componentes principais

Componente Principal	% de Variância	% de Variância acumulada
CP1	73,23	73,23
CP2	14,59	87,82
CP3	5,76	93,59
CP4	3,75	97,34
CP5	2,65	100,00

Legenda: CP 1 - Componente principal 1; CP 2 - Componente principal 2; CP 3 - Componente principal 3; CP 4 - Componente principal 4; CP 5 - Componente principal 5.

Da variação total dos dados foram extraídos os dois principais fatores, onde, 73,23% da variação se deve a componente 1 (CP1), e 14,59% a componente 2 (CP2), somados, ambos são responsáveis por 87,82% da variação dos dados. Além disso, levando em consideração o critério de Kaiser, ambos apresentam autovalores superior a 1, logo, pode-se reduzir os estudos a essas duas

componentes. Estes resultados estão próximos aos obtidos por Zamberlan et al. (2013), onde os dois fatores principais explicam 92,14% das variações dos dados originais de um total de 10 fatores baseados nas variâncias calculadas.

A partir da análise de componentes principais é possível identificar as cargas fatoriais das duas componentes conforme a Tabela 4.

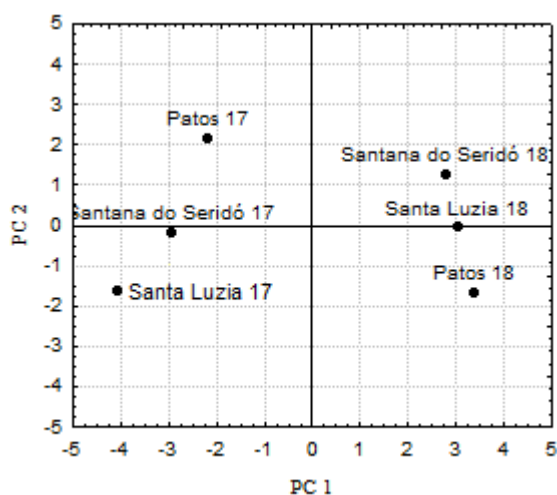
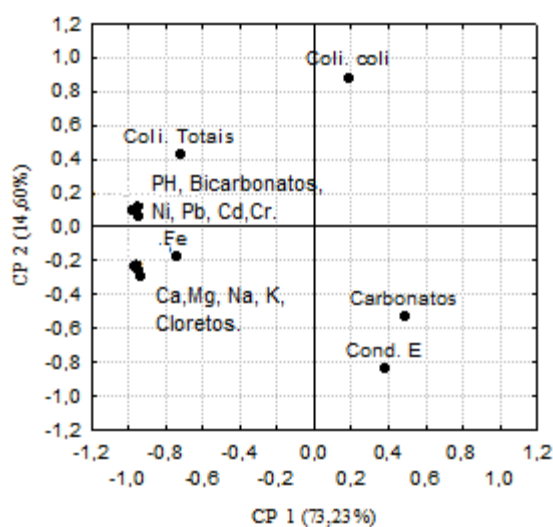
Tabela 4. Cargas de cada variável nas duas principais componentes

Parâmetros	CP1	CP2
pH	- 0,95	0,06
CE	0,38	- 0,83
Ca	- 0,96	0,21
Mg	- 0,94	0,28
Na	- 0,96	0,24
K	- 0,95	0,26
Carbonatos	0,48	0,53
Bicarbonatos	- 0,96	0,10
Cloretos	- 0,97	0,23
Coli. Totais	- 0,73	0,43
Coli. coli	0,19	0,88
Ni	- 0,98	0,10
Pb	- 0,95	0,13
Cd	- 0,98	0,10
Cr	- 0,98	0,10
Fe	- 0,75	0,18

Legenda: pH - potencial hidrogeniônico; CE - condutividade elétrica; Ca - cálcio; Mg - magnésio; Na - sódio; K - potássio; Coli. Totais - coliformes totais; Coli. Coli - *Escherichia coli*; Ni - níquel; Pb - chumbo; Cd - cádmio; Cr - cromo; e Fe - ferro.

Ao analisar o gráfico dos *scores* (Figura 2A) observa-se que, a componente principal CP1 separa os municípios entre os anos analisados. Os municípios apresentam *score* positivo para o ano de 2018, e negativo para o ano de 2017. Para a componente CP2, os

municípios de Santa Luzia e Santana do Seridó no ano de 2017 e Patos e Santa Luzia no ano de 2018 apresentam *scores* negativo, já os municípios de Patos e Santana do Seridó, para os anos de 2017 e 2018, respectivamente, apresentam *score* positivo.

(A) Gráfico dos *scores*(B) Gráfico dos *loadings*Figura 2. Gráficos dos *scores* (a) e dos *loadings* (b) da CP1 versus CP2.

Analisando os gráficos dos *loadings* (Figura 2B), percebe-se que, a CP1 separa os componentes em 2 grupos. O primeiro com valores negativos que apresentam maiores cargas para essa componente e, formados pelas variáveis Coliformes totais, PH, bicarbonatos, Ni, Pb, Cd, Cr, Ferro, Ca, Mg, Na, K e Cloretos, que se relacionam negativamente com o segundo

grupo. O segundo grupo com valores positivos, que apresenta menores cargas, é composto pelas variáveis *Escherichia coli*, Carbonatos e Condutividade Elétrica.

Resultados semelhantes foram encontrados por Aguiar Neto et al. (2013) e Santana et al. (2016). Essas variáveis são

importantes tanto para a qualidade da água de rios urbanos quanto para poços amazonas.

Essa divisão realizada pela CP1 pode ser explicada pela relação entre as variáveis de cargas maiores e menores, onde as que apresentam cargas menores são dependes das demais que apresentam cargas maiores. A correlação negativa entre o primeiro e o segundo grupo não corresponde necessariamente a algo antagônico entre as variáveis, mas, a uma relação de proximidade entre as variáveis do mesmo grupo (AGUIAR NETO et al., 2013).

A condutividade elétrica, *Escherichia coli* e carbonatos, tem uma relação de aumento ou diminuição com os sais, coliformes totais e metais pesados, todos presentes nas cargas maiores. A condutividade elétrica das águas relaciona-se com os sais dissolvidos nas águas, que podem estar relacionados às atividades agrícolas e industriais desenvolvidas próximas a estas fontes de água ou mesmo a características geológicas do material de origem dos solos. Sendo assim, as cargas menores foram atribuídas as variáveis dependentes (ZUIN et al., 2009).

Analisando conjuntamente os scores e os loadings para a CP1, observa-se que os municípios nos anos de 2017 sofrem maiores influências pelas variáveis independentes. O ano de 2017 apresenta os menores valores de chuvas para a cidade de Santa Luzia - PB e Santana do Seridó - RN e maior valor de chuva para a cidade de Patos - PB, segundo informações AESA (2019) e EMPARN (2019) (Figura 3). Em contrapartida, as variáveis dependentes exercem maior influência no ano de 2018, que apresenta maiores valores de chuva para os municípios de Santa Luzia e Santana do Seridó, e menor valor de chuva para o município de Patos.

O agrupamento do município de Patos em seu menor volume de chuva com as demais cidades em seus maiores volumes pode ser explicado pela origem de sua água, que provém do rio Espinharas e tem sua origem entre os municípios de Salgadinho e Junco do Seridó-PB. Em ambos os municípios houve um aumento das precipitações no ano de 2018 em relação ao ano de 2017, segundo a AESA (2019). As águas coletadas nos municípios de Santa Luzia e Santana do Seridó têm origem de poços artesianos, assim, o aumento das precipitações e escoamento da água foi responsável pela lixiviação dos sais.

O aumento da precipitação nos municípios de Santa Luzia e Santana do Seridó e nos municípios de origem do rio Espinharas, justificam a influência da condutividade elétrica, carbonatos e *Escherichia coli* no ano de 2018. Com o aumento do volume de água, tanto na infiltração como no escoamento superficial reflete no carreamento de sais, microrganismos e carbonatos (ZUIN et al., 2009).

Santos et al. (2015) afirmam que, ocorre uma redução gradativa na qualidade da água no período chuvoso quando comparado ao período de seca, essa redução se dá em decorrência das elevadas concentrações de fósforo, sais solúveis e potássio.

Sobretudo, o enquadramento dos municípios em seus anos de maior volume de água com as variáveis dependentes, reforça ainda mais o resultado das cargas das variáveis independentes, onde estas exercem influências tanto em anos com menor volume de água, como em anos de maior volume de água, embora, em anos de maior volume de água, esses compostos estejam intrínsecos em outros compostos.

A CP2 que corresponde por 14,60% das variações dos dados apresenta cargas de maior valor para 2 variáveis, *Escherichia coli* e Condutividade elétrica. A *Escherichia coli* apresenta valor positivo, enquanto a condutividade valor negativo. As demais variáveis não apresentam influência.

Quanto os municípios, a CP2 as dividiu em 2 grupos, onde o primeiro encontram-se os municípios de Patos e Santana do Seridó, nos anos de 2017 e 2018, respectivamente. O segundo agrupou os demais municípios e anos. Analisando os dados de precipitação fornecidos pela AESA (2019) e EMPARN (2019), constata-se que ambas as cidades do primeiro grupo apresentam volumes de precipitações muito semelhantes, pouco mais de 630mm.

O primeiro grupo sofre maior influência da *Escherichia Coli*, sendo um indício da descarga de esgotos no rio Espinharas, nos municípios de Patos e Santana do Seridó, onde os dejetos são inseridos diretamente em contato com o solo. Resultado condizente ao constatado por Palacio et al. (2009), ao estudar a similaridade da qualidade das águas superficiais da bacia do Curu, Ceará.

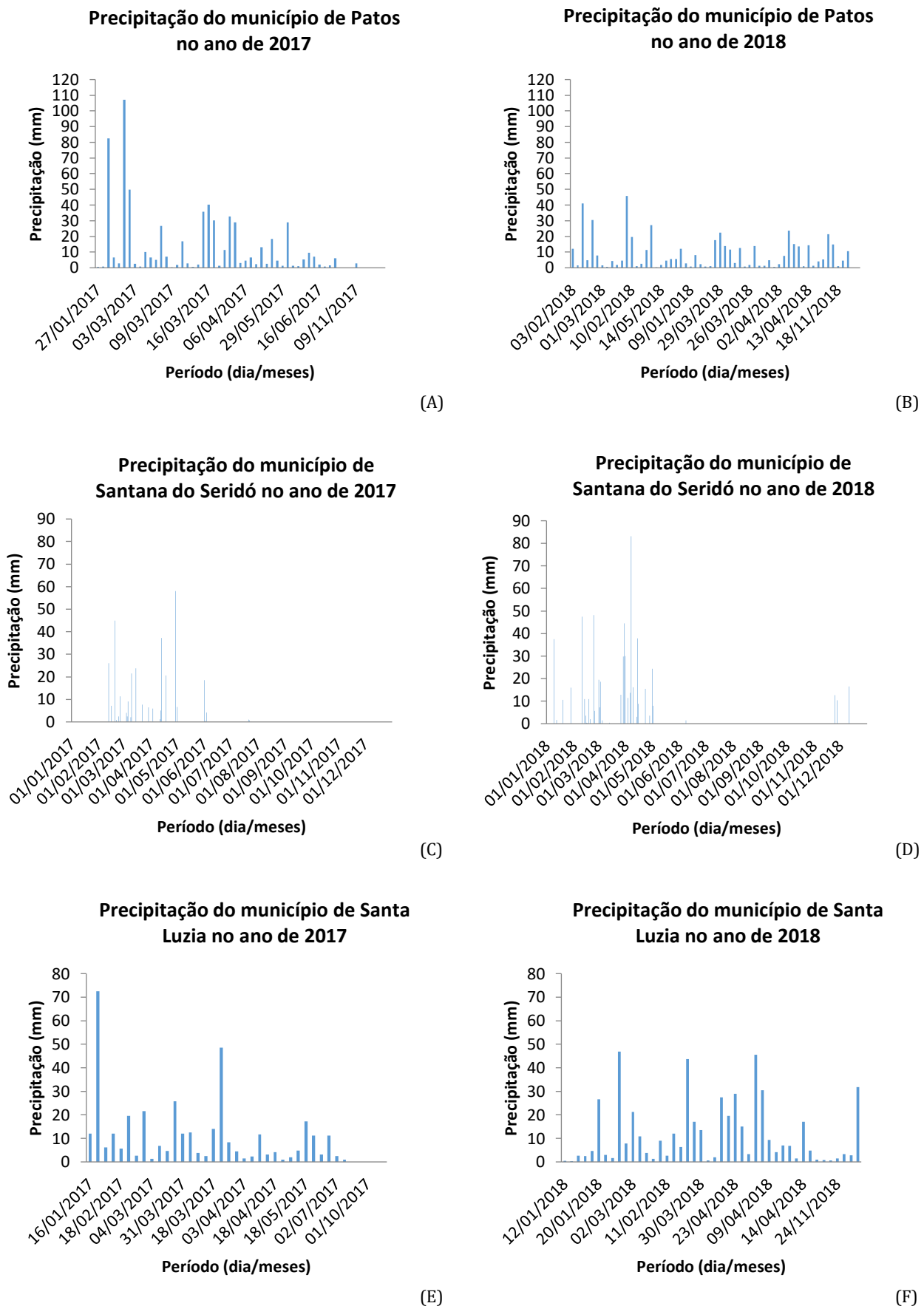


Figura 3. Médias mensais de precipitações para os anos de 2017 e 2018 para os municípios de Patos - PB (A e B), Santana do Seridó - RN (C e D) e Santa Luzia - PB (E e F). Fonte: AESA (2019) e EMPARN (2019).

O segundo grupo formado pelos municípios que apresentam menor volume de precipitação sofreram maior influência da condutividade elétrica, que pode estar associado às atividades desenvolvidas próximas a estas fontes de água, ou mesmo a características geológicas do material de origem dos solos. Quanto maior essa concentração de sais, maior a condutividade elétrica da água, logo, observa-se que, os anos que apresentam precipitação menor, obtive-se menos carga d'água e consequentemente a concentração de sais apresenta-se maior.

Além disso, a *Escherichia Coli* é uma variável dependente da condutividade elétrica pois necessita de um ambiente ideal (ZUIN et al., 2009). Logo, elas apresentam correlação negativa na CP2, e influenciando anos antagônicos aos volumes de chuva, sendo a *Escherichia Coli* em anos onde a condutividade elétrica e concentração de sais esteja menores, neste caso, maior volume de chuva e diluição deles e condutividade elétrica em anos de menores volumes de chuvas e consequente aumento na concentração de sais.

Farias et al. (2010) estudando condições microbiológicas de tagelus plebeios em água no estuário do rio Ceará, em Fortaleza-CE, constatou que, em períodos de chuvas intensas, o fluxo de efluentes despejados na água é maior, resultando em um maior aporte de água doce no rio, com uma consequente diminuição da salinidade, associada a uma maior contaminação bacteriológica. Esses fatos corroboram com os resultados obtidos no presente trabalho.

A semelhança entre as cidades e os anos de coleta foi avaliada pelo emprego da técnica de análise multivariada de agrupamento, onde formou 2 grupos homogêneos (Figura 4). Observa-se que, os municípios apresentam-se separados novamente entre os anos 2017 e 2018, assim como ocorreu na componente primária, evidenciando novamente o agrupamento dos municípios em anos de maior volume de água.

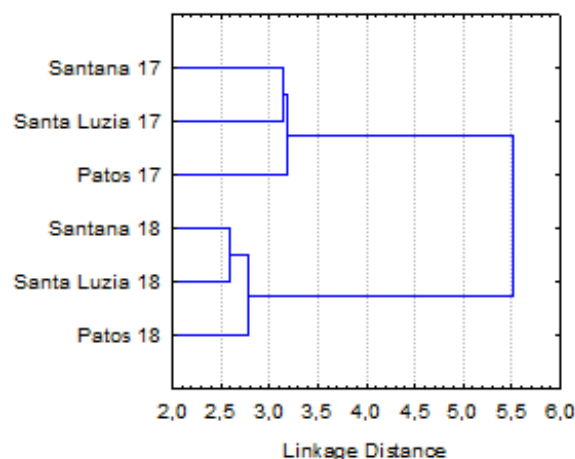


Figura 4. Dendrograma indicando a similaridade entre as cidades e os anos estudados.

Essas informações corroboram com a análise de componente principal, que agrupou os municípios conforme os anos estudados. A familiaridade entre as cidades de Santana do Seridó e Santa Luzia, demonstra a semelhança entre as águas analisadas, de onde ambas provém de poço artesiano, diferentemente de Patos, mostrando uma proximidade da composição química e física de águas subterrâneas.

A semelhança entre as variáveis de qualidade da água analisadas em forma de um dendrograma hierarquizado encontra-se na Figura 4. Observa-se que há maior similaridade entre Mg, K, Na e Ca. Esse tipo de agrupamento é esperado devido a todos serem minerais presentes em grande abundância na natureza e nas rochas originárias dos solos locais.

Cabe ainda ressaltar que, a junção da condutividade elétrica com carbonatos, este que, por sua vez, são sais inorgânicos e exerce influência na capacidade de condução elétrica da água (Figura 5). Tanto a condutividade elétrica quanto os carbonatos apresentam semelhança ao dependerem das outras variáveis, como os sais e os metais pesados, isso explica a junção de ambos e a distância da ligação com os demais, que apesar da dependência, há a necessidade de ligação de todos os outros anteriormente, principalmente para os carbonatos que necessita da junção de sais e metais.

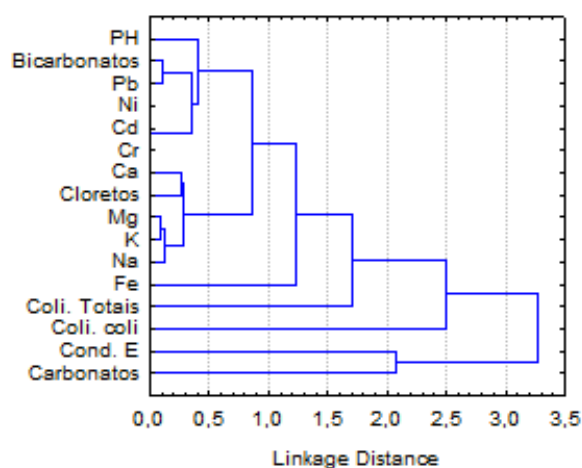


Figura 5. Dendrograma da similaridade entre as variáveis do estudo.

A proximidade existente entre bicarbonatos e alguns metais pesados, está relacionada a baixa concentração desses compostos nas águas analisadas. A correlação desse grupo com o pH das águas pode ser explicada devido à alcalinidade desses compostos, em especial o bicarbonato.

Conclusão

A análise de componentes principais permitiu a seleção de dois componentes indicadores da qualidade das águas nas três municípios nos dois anos, explicando 87,8% da variância total.

As variações na qualidade da água nas três municípios foram definidas por um grupo de nutrientes (influência da poluição difusa e da composição mineral das rochas que dão origem ao solo da região) e por um grupo orgânico (indicativo de lançamento de esgotos domésticos in natura no curso de água).

As variáveis condutividade elétrica, *Escherichia coli* e carbonatos, tem uma relação de dependência com os sais, coliformes totais e metais pesados, e assim, para exercerem influência nas águas, necessitam de sua variação que estão atrelados aos materiais de origem do solo, atividades agrícolas e industriais exercidas na região.

As águas de Santa Luzia e Santana do Seridó apresentaram maiores semelhanças em suas características devido ao fato de ambas serem proveniente do subsolo. Em contrapartida, o fato de Patos ser uma cidade mais desenvolvida, algumas características se sobressaíram, como a presença maior de metais pesados.

As águas analisadas apresentaram índices superiores aos limites para coliformes e

condutividade elétrica, devendo-se maior atenção em seu uso para irrigação.

Referências

- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas. Meteorologia – Chuvas: Precipitação dos municípios, 2019. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/>. Acesso em: 10 de setembro de 2019.
- AGUIAR NETTO, A. O.; GARCIA, C. A. B.; HORA ALVES, J. P.; FERREIRA, R. A.; GONZAGA DA SILVA, M. Physical and chemical characteristics of water from the hydrographic basin of the Poxim River. *Environmental Monitoring and Assessment*, v.185, n.5, p.4417-4426, 2013.
- ALMEIDA, O. Á. de. Qualidade da água de irrigação. EMBRAPA mandioca e fruticultura. Cruz das Almas, 1 ed.. 2010. 7-62p.
- APHA. American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. Wahington, 21 ed. 2005. 300p.
- BORGES, S. A.; CUNHA A. H. N.; DA COSTA SILVA, S. M.; VIEIRA, J. A.; NASCIMENTO, A. D. R.. Qualidade da água de irrigação na cultura do tomate de mesa no município de Goianópolis-GO. *Multi-Science Journal*, v.1, n.2, p.74-82, 2018.
- BRASIL. Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf. Acesso em: 10 de setembro de 2019.
- DOWNES, F. P.; ITO, K. Compendium of methods for the microbiological examination of foods, American Public Health Association. Washington, 4 ed. 2001. 676p.
- EMPARN. Empresa de Pesquisa Agropecuária. Meteorologia – Chuvas observadas no RN – Monitoramento pluviométrico, 2019. Disponível em: <http://189.124.130.5:8181/monitoramento/monitoramento.php>. Acesso em: 10 de setembro de 2019.
- FARIAS, M. F.; ROCHA-BARREIRA, C. A.; CARVALHO, F. C. T.; SILVA, C. M.; REIS, E. M. F.; COSTA, R. A.; VIEIRA, R. H. S. F. Condições microbiológicas de tagelus plebeius (lightfoot, 1786) (*mollusca: bivalvia: solecurtidae*) e da água no estuário do rio Ceará, em Fortaleza-CE. *Boletim do Instituto de Pesca*, v.36, n.2, p.135-142, 2010.
- FRANCISCO, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de

- informações geográficas. 122f. Dissertação (Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.
- FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D.; LIMA, E. R. V. Potencial pedológico das terras do estado da Paraíba para as principais culturas agrícolas. 1ed. EDUEG, Campina Grande – PB, 2017, 102p.
- GUEDES, H. A. S.; SILVA, D.D.; ELESBON, A. A. A.; RIBEIRO, C. B. M.; MATOS, A. T.; SOARES, J. H. P. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.5, p.558-563, 2012.
- HAIR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. *Análise Multivariada de Dados*. Bookman, Porto Alegre, 5 ed. 2009. 593p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 15 de maio de 2019.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011. O Brasil em municípios. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 23 de Maio de 2017.
- JÚNIOR, A. S. de A.; SILVA, E. F. de F.; BASTOS, E. A.; MELO, F. de B.; LEAL, C. M. Uso e qualidade da água subterrânea para irrigação no semiárido piauiense. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, n.4, p.873-880, 2006.
- LEMO, M.; NETO, M. F.; DE MEDEIROS, J. F.; DA SILVA DIAS, N.; DE FRANÇA, Ê. F.; DE LIRA, R. B.. Avaliação nutricional da palma forrageira fertirrigada com efluente de esgoto doméstico. *Revista Caatinga*, v.31, n.2, p.476-486, 2018.
- PACHECO, F. P.; NÓBREGA, L. H. P.; TONINI, M.; SPIASSI, A.; ROSA, D. M.; CRUZ, ILVA, C. T. D. A. Atributos físicos do solo após aplicação de água residuária de suinocultura aplicada em cobertura na cultura do milho e cultivo sequencial de aveia preta. *Revista Caatinga*, v.30, n.4, p.955-962, 2017.
- PALACIO, H. A. Q.; ANDRADE, E. M.; LOPES, F. B.; ALENXANDRE, D. M. B.; ARRAES, F. D. D.. Similaridade da qualidade das águas superficiais da bacia do Curu, Ceará. *Ciência Rural*, v.39, n.9, p.2494-2500, 2009.
- RICHARDS, L. A. *Diagnosis and improvment of saline and alkali soils*. (ed). Washington DC, US Department of Agriculture (USDA Agricultural Handook, 60), 1954. 160p.
- RODRIGUES, J. L. *Atlas Escolar Paraíba*, João Pessoa, Grafset, 2002. 112p.
- SANTANA, N. R. F.; NETO, A. O. A.; DA SILVA, M. G.; GARCIA, C. A. B. Índice de qualidade da água nas nascentes do rio Piauitinga - SE por análise multivariada e o uso na irrigação. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.10, n.6, p.999-1010, 2016.
- SANTOS, E. A. dos; MARTINS, I.; SOUSA, J.; MENDES, A.; SILVA, P. D. S. Qualidade da água no Lago de Sobradinho, BA: análise de componentes principais. In: *Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Semiárido*, 10, 2015, Petrolina. Anais... Petrolina: Embrapa Semiárido, 2015. p.177-182.
- SHAER-BARBOSA, M.; SANTOS, M. E. P.; MEDEIROS, Y. D. P. Viabilidade do reuso de água como elemento mitigador dos efeitos da seca no semiárido da Bahia. *Ambiente e Sociedade*, v.17, n.2, p.17-32, 2014.
- SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R. F. S.; GOMES, R. A. R. In: *Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água*. 4 ed. Varela, São Paulo, 2010. 624p.
- SILVA, P. F. da. Crescimento e produtividade de palma forrageira sob diferentes lâminas de irrigação e adubação nitrogenada. 2017. 79f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2017.
- SILVA, I. N.; FONTES, L. O.; TAVELLA, L. B.; OLIVEIRA, J. B.; OLIVEIRA, A. C. Qualidade de água na irrigação. *Agropecuária Científica no Semi-Árido*, v.07, n. 03, p. 01-15, 2011.
- URKIAGA, A.; FUENTES, L. L.; BIS, B.; CHIRU, E.; BALASZ, B.; HERNÁNDEZ, F. Development of analysis tools for social, economic and ecological effects of water reuse. *Desalination*, v.218, n.5, p.81-91, 2008.
- VARALLO, A. C. T.; CARVALHO, L.; SANTORO, B. L.; SOUZA, C. F. Alterações nos atributos de um Latossolo Vermelho - amarelo irrigado com água de reuso. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.4, p.372-377, 2010.
- ZAMBERLAN, J. F.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; FERRAZ, R. C.; PINTO, L. M. Índices sazonais de qualidade da água de irrigação via análise multivariada na região central do Rio Grande do Sul. *Irriga*, v.18, n.3, p.376-386, 2013.
- ZHANG, X.; WANG, Q.; LIU, Y.; WU, J.; YU, M. Application of multivariate statistical techniques in the assessment of water quality in the Southwest New Territories and Kowloon, Hong Kong. *Environmental Monitoring and Assessment*, v.173, p.17-27, 2010.

ZUIN, V. G.; IORIATTI, M. C. S.; MATHEUS, C. E. O emprego de parâmetros físicos e químicos para a avaliação da qualidade de águas naturais: uma

proposta para a educação química e ambiental na perspectiva CTSA. Química Nova na Escola, v.31, n.1, p.3-8, 2009.

Capítulo 4

DESENVOLVIMENTO INICIAL DE *HYMENEAE COURBARIL* (L.) SOB INOCULAÇÃO DE BACTÉRIAS ENDOFÍTICAS

Larisse Araújo de Abreu¹
Lucas Marques Menezes²
José Daniel Viana Neto³
Gilberlan Costa Santos da Silva⁴
João Paulo Ferreira Pontes⁵
João Manoel da Silva⁶
Maria José de Holanda Leite⁷

^{1,2,3,4,5}Graduando em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias-UFAL, Rio Largo, Brasil,
larisse01@hotmail.com; lucas_mm94@hotmail.com; danielviananeto10@gmail.com;
gilberlancosta.ta@gmail.com; joaopauloferreira.ta@gmail.com

⁶Rede Nordeste de Biotecnologia, Instituto de Química e Biotecnologia- UFAL, Brasil, jm.agro@hotmail.com

⁷Dra. Profa. UFAL, Rio Largo - Alagoas, Brasil, maryholanda@gmail.com

Introdução

A ascensão dos problemas ambientais e a necessidade de recuperação de áreas degradadas têm despertado o interesse sobre o conhecimento das espécies nativas brasileiras. Uma das grandes barreiras na recomposição de florestas nativas é a produção de mudas de espécies que possam abastecer programas de reflorestamento (MORAES, 1998; CARVALHO, 2000). As bactérias promotoras de crescimento fazem parte da população residente das plantas, não são fitopatogênicas. Essas bactérias podem ser utilizadas para tratamento de sementes, explantes e mudas micropropagadas e incorporadas ao substrato de plantio (MARIANO, 2004). Atualmente na literatura são encontrados estudos que relatam o uso de bactérias endofíticas com espécies olerícolas, existindo escassez em trabalhos com espécies florestais, dessa maneira a importância deste trabalho em observar a interação dessas bactérias com uma espécie arbórea.

Hymenaea courbaril apresenta grande importância florestal e ambiental, sendo muito indicada para plantios em áreas degradadas destinadas à restabelecimento da vegetação, recomendada para sistema silvipastoril, na arborização de pastos (SOUZA & LIMA, 2012; JOHNSON & TARIMA, 1995), também é considerado promissor para a recuperação de áreas com solo contaminado com metais pesados (MARQUES et al., 1997), além de possuir potencial para fixar e armazenar carbono (MELO & PÓLO, 2007).

Uma das dificuldades para a obtenção de mudas de jatobá é sua baixa percentagem de germinação que vai de 20 a 40 dias, devido a presença de dormência em suas sementes, que

pode ser quebrada por métodos de escarificação manual no lado oposto ao hilo, seguida de imersão em água, (NASCIMENTO & OLIVEIRA, 1999)

Visando a promoção do crescimento, atualmente há muitas pesquisas voltadas para a utilização de bactérias endofíticas que compreendem um grupo de microrganismos que podem atuar no estímulo do crescimento e o desenvolvimento das plantas por meio de mecanismos diretos e/ou indiretos, podendo ser encontrada nas superfícies radiculares, a rizosfera e filosfera, e nos tecidos internos de diferentes espécies vegetais (HUNGRIA et al., 2010) que possui a capacidade de fixar nitrogênio, solubilizar fósforo (SILVA et al., 2018) e ou produzir hormônios como auxinas, giberelinas, citocininas e etileno (NASCIMENTO et al., 2018), a outra forma de atuação dessas bactérias é no controle de patógenos, ocasionando o crescimento por permitir que a planta expresse todo o seu potencial, que poderia ser limitado, caso um patógeno estivesse presente (BASHAN & DE-BASHAN, 2005; SILVA et al., 2015).

A introdução das bactérias pode ser feita diretamente no solo, assim como no interior das plantas (PAZ, 2009), ou mesmo, no rizoplane (LEMO, 2009). Segundo Romeiro (2007), vários parâmetros podem ser analisados para avaliar a promoção do crescimento, como percentagem de germinação de sementes, tempo de germinação, altura da planta, número de folhas, peso de matéria seca da parte aérea e raízes, além do peso de matéria seca de toda a planta. São poucos os trabalhos existentes com o uso dessas bactérias em espécies arbóreas, enfatizando a importância desse trabalho com a

utilização desses microrganismos em pesquisas envolvendo espécies arbóreas como a tratada neste trabalho Mafia et al. (2005) avaliaram o efeito de bactérias promotoras incorporadas ao substrato de minijardins clonais de eucalipto, e observou incremento da biomassa radicular.

Desta maneira, o objetivo deste trabalho é avaliar o desenvolvimento de mudas de *Hymenaea courbaril* inoculadas com bactérias promotoras de crescimento utilizando parâmetros biométricos como germinação, diâmetro do caule, número de folhas, altura da planta, comprimento do sistema radicular massa verde e matéria seca da parte aérea, raiz inoculadas com bactérias promotoras de crescimento.

Material e Métodos

Local de estudo

O trabalho foi realizado no Centro de Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), em Rio Largo, com latitude 9° 29' 45" S longitude 35° 49' 54" W, altitude de 127 metros. O clima da região segundo Köppen é tropical chuvoso, com verão seco e precipitação média anual de 1.150,2 mm, sendo os meses mais secos de novembro a dezembro e os mais chuvosos de julho a agosto. (SEMARH, 2015)

O trabalho foi desenvolvido no período de junho a agosto de 2019, e mantido em telado

durante o desenvolvimento e período de avaliações.

Coleta de solo, sementes e quebra de dormência

Para a produção de mudas de *Hymenaea courbaril*, o solo utilizado foi coletado no Centro de Ciências Agrárias e autoclavado a 121°C por 2 horas, após 6 dias de descanso do solo foi feita a quebra da dormência das sementes utilizando o método de escarificação mecânica em lixa na região da semente oposta ao hilo, posteriormente foi feita a desinfestação das sementes em álcool 70% por um minuto, hipoclorito de sódio 2% por mais um minuto e em seguida foram feitas três lavagens consecutivas com água destilada. Ao final do processo as sementes foram embebidas em água destilada por 24 horas destilada (SOUZA, 2016)

Tratamentos

Foram utilizadas 4 cepas de bactérias sendo 3 do gênero *Bacillus* e uma do gênero *Herbaspirillum*. As bactérias endofíticas foram cultivadas em meio LB (Lúria-Bertani), e deixadas em agitador por 24 horas. Após esse período o experimento foi montado utilizando-se sacos de polietileno com capacidade para 3 litros de solo e organizado conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Estrutura e identificação do experimento com seus respectivos tratamentos

Tratamento na semente			Tratamento no solo		
Código	Tratamento	Espécie	Código	Tratamento	Espécie
I4	T1	<i>Bacillus</i> sp.	I4	T5	<i>Bacillus</i> sp.
I2	T2	<i>Herbaspirillum</i> sp.	I2	T6	<i>Herbaspirillum</i> sp.
ISO34	T3	<i>Bacillus</i> sp.	ISO34	T7	<i>Bacillus</i> sp.
ISO64	T4	<i>Bacillus</i> sp.	ISO64	T8	<i>Bacillus</i> sp.

Para a inoculação das bactérias nas sementes, a solução bacteriana foi adicionada a um recipiente onde as sementes foram deixadas imersas por 1 hora. Para a inoculação no solo, foi feita a injeção de 5ml da solução bacteriana com auxílio de uma seringa descartável nos sacos experimentais. (MELO, 2015). Os isolados bacterianos endofíticos são pertencentes e depositados na coleção de micro-organismos do Laboratório de Microbiologia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas.

Parâmetros biométricos avaliados

As avaliações foram realizadas aos 7 dias após a germinação, sendo realizadas com o

auxílio de um paquímetro digital, e as variáveis avaliadas foram o diâmetro do caule, número de folhas, altura da planta, comprimento radicular, massa verde (em balança de precisão) e matéria seca da parte aérea e da raiz após 48 horas em estufa de ventilação forçada com temperatura de 65-70°C.

Delineamento experimental e análises estatísticas

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 5 repetições e arranjado em esquema fatorial 4x2, sendo quatro bactérias endofíticas e duas formas de inoculação (semente e no solo) e o tratamento controle, o qual não recebeu inoculação. Os

dados de características biométricas das mudas foram submetidos a análise de variância (Teste F), ao nível de 5% de probabilidade. Nas características em que se observou o efeito dos tratamentos aplicou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando-se do software Sisvar (FERREIRA, 2014).

Resultados e Discussão

Com base nas análises estatísticas, para a variável diâmetro do coleto observa-se que, os tratamentos que receberam a inoculação das bactérias nas sementes apresentam valores maiores quanto aos parâmetros biométricos. Dentro dos tratamentos que receberam esta

inoculação, o tratamento 1 que foi inoculado com a bactéria do gênero *Bacillus* apresenta melhor desenvolvimento no diâmetro do coleto. O mesmo isolado bacteriano, quando isolado na semente apresenta comportamento diferente, com valores inferiores (Tabela 2). De modo geral, para essa variável, a melhor forma de inoculação foi com a injeção da solução bacteriana diretamente no solo, sendo observado melhor desempenho para o isolado I2. Para os isolados ISO64 e ISO34, a melhor forma de inoculação foi quando feito nas sementes. O que mostra que, os fatores possuem interação dependente.

Tabela 2. Parâmetros biométricos de mudas de *H. Courbaril* sob inoculação de bactérias endofíticas

Inoculação	Isolado	Altura das plantas (cm)	Diâmetro do coleto (mm)
Solo	I2	28,46 b	3,16 b
	I4	3,10 a	0,00 a
	ISO64	22,20 ab	1,26 a
	ISO34	12,42 ab	2,66 b
Semente	I2	11,78 a	1,22 a
	I4	17,64 ab	2,10 a
	ISO64	24,34 a	2,54 b
	ISO34	24,50 a	2,38 b
Controle	-----	28,10 b	3,56 b
-----		Número de folhas	Comprimento radicular (cm)
Solo	I2	6,80 b	38,00 b
	I4	1,00 a	7,00 a
	ISO64	5,60 ab	38,00 b
	ISO34	2,80 ab	15,00 a
Semente	I2	2,40 a	19,00 a
	I4	4,00 a	33,60 b
	ISO64	4,80 a	26,80 b
	ISO34	5,20 b	31,20 b
Controle	-----	6,00 a	25,80 b

*Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Para as inoculações feitas no solo, o tratamento 8 inoculado com bactéria do gênero *Bacillus* se destaca apresentando maiores valores e diferindo estatisticamente dos demais tratamentos com a mesma inoculação ($p \leq 0,05$), e sem diferir da testemunha.

Com relação à variável altura de plantas, o tratamento com inoculação feita no solo, apresenta melhores resultados. O tratamento 6, que recebeu a bactéria *Herbaspirillum* sp., apresenta maiores valores para a altura de plantas. Esta mesma bactéria quando inoculada na semente, apresenta valores menores, considerando assim que, sua efetividade se dá melhor nessa condição de inoculação. Na inoculação feita na semente, observa-se que os isolados ISO64 e ISO34 apresentam melhor

desempenho em comparação aos demais (Tabela 2).

Para a variável comprimento radicular, é possível observar que, as bactérias proporcionam incremento em seu desenvolvimento para alguns tratamentos. O que recebeu inoculação no solo com a bactéria *Herbaspirillum* sp. apresenta maior desenvolvimento, ao se comparar com os demais endófitos na mesma condição de inoculação. Porém, esse mesmo isolado endofítico apresenta comportamento inverso quando inoculado na semente, com valores reduzidos pela metade, onde destacam-se os isolados ISO64 e ISO34, ambos do gênero *Bacillus*.

De modo geral, a bactéria *Herbaspirillum* sp. denota melhor resultado quando a inoculação foi realizada diretamente no solo, apresentando maior desenvolvimento do sistema radicular. Para o gênero *Bacillus* sp. a inoculação feita na semente proporciona maior crescimento do sistema radicular das mudas de *H. Courbaril*.

Analisando as variáveis biomassa (Figura 1) e matéria seca (Figura 2) da parte

aérea e do sistema radicular, observa-se que a maioria dos tratamentos apresenta melhor aporte de biomassa na parte aérea. Pois, embora o sistema radicular tenha apresentado pleno desenvolvimento, sabe-se que a biomassa é influenciada pelo acúmulo de água nos tecidos, como sabe-se também que as raízes dessa espécie não funcionam como reservatório de água, mas somente como absorção e translocação de água e nutrientes.

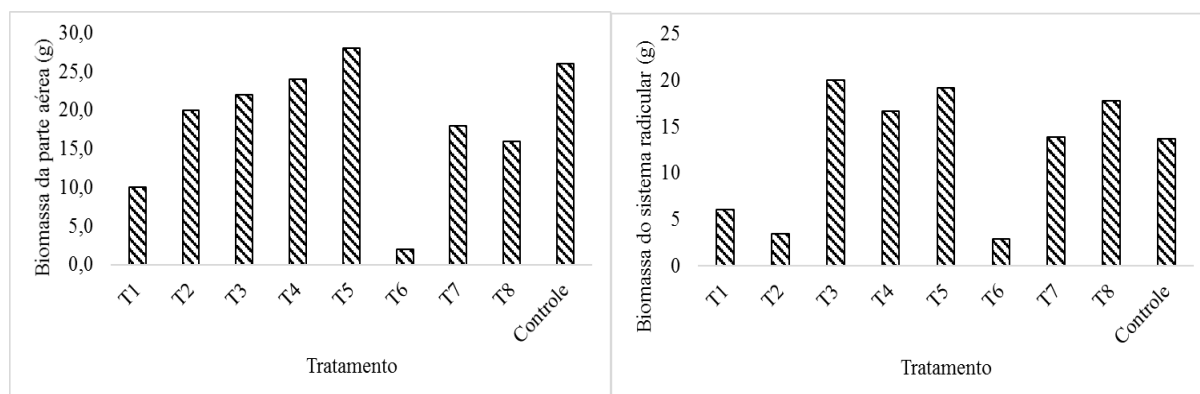


Figura 1. Biomassa de mudas de *H. Courbaril* sob inoculação de bactérias endofíticas.

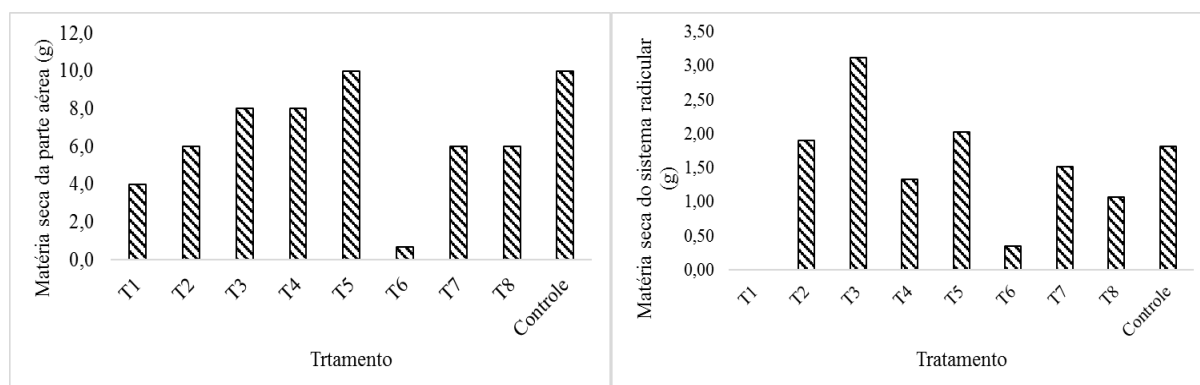


Figura 2. Matéria seca de *H. Courbaril* sob inoculação de bactérias endofíticas.

Diversos mecanismos de ação têm sido sugeridos para explicar o fenômeno de promoção de crescimento ocasionado por bactérias endofíticas. Dentre os benefícios promovidos por elas está o incremento na fixação de nitrogênio, produção de auxina, giberelinas, citocininas e controle do nível de etileno, solubilização de fosfatos e oxidação de enxofre, incremento na disponibilidade de nitrato, produção extracelular de antibióticos, enzimas líticas e ácido cianídrico, incremento na permeabilidade das raízes e competição por nutrientes nos sítios radiculares, bem como indução de resistência sistêmica (SILVA et al., 2015; SILVA et al., 2018; NASCIMENTO et al., 2018; ARAÚJO et al., 2019). Apesar de todos esses benefícios, pesquisas sobre a utilização de bactérias promotoras de crescimento na área

florestal, quando equiparado com a área agrícola, são praticamente incipientes.

Contudo, a utilização dessas bactérias tem surgido como tecnologia promissora, sendo estudada até então como alternativa para o acréscimo de biomassa em diferentes espécies florestais, podendo propiciar ganhos médios de 15 a 30% e, em casos especiais, até mesmo dobrar a biomassa produzida (CHANWAY, 1997). Neste estudo, foi verificado que bactérias dos gêneros *Bacillus* e *Herbaspirillum* promovem aumento na altura das plantas, além de proporcionar maior desenvolvimento do sistema radicular, o que, possivelmente, pode estar relacionado com alterações no balanço hormonal do propágulo vegetativo, induzidas pelas bactérias testadas.

Neste trabalho observa-se que, o tratamento que recebeu inoculação no solo com

a bactéria *Herbaspirillum* sp. obteve maiores valores para todas as variáveis. Esse gênero atualmente é composto de 10 espécies, e dependendo da estirpe, algumas espécies de *Herbaspirillum* podem fixar de 19 a 54% do nitrogênio requerido por esta cultura (KENNEDY et al., 2004). Espécies de *Herbaspirillum* também podem contribuir para o crescimento vegetal através de outros fatores, além da fixação biológica de nitrogênio. Na literatura há relatos da detecção da produção de AIA e giberelinas A1 e A3 (SILVA et al., 2015). Radwan et al. (2002) também constataram a produção de indóis por estirpes de *Herbaspirillum*, incluindo *H. rubrisubalbicans*.

O maior desenvolvimento das plantas que receberam bactéria deste gênero, pode estar relacionado a estes mecanismos, já que o AIA e giberelinas são hormônios que promovem o crescimento de plantas. A mesma bactéria com inoculação nas sementes não mostrou resultados tão satisfatórios quando comparadas com as inoculadas no solo, isso pode estar relacionado com o fato das sementes de *H. courbaril* apresentarem dormência exógena causada pela impermeabilidade do tegumento podendo ter ocasionado dificuldade para a penetração das bactérias em seu interior.

A diferença observada nos resultados entre as plantas e os isolados de bactérias pode estar relacionada com diferenças do ambiente, além da própria constituição genética da espécie em estudo. Muitos trabalhos vêm relatando que bactérias promotoras do crescimento de plantas, especialmente aqueles pertencentes aos gêneros *Bacillus* proliferam não somente ao redor do sistema radicular, mas podem também colonizar os tecidos internos de várias espécies de plantas (HALLMANN et al., 1997).

Em outro estudo o gênero *Bacillus* é descrito como capaz de atuar como agentes de biocontrole, por inibir micro-organismos patogênicos como *Phytophthora* spp. (SILVA et al., 2019), o que se considera um dos mecanismos de promoção de crescimento, por meio da supressão do crescimento do patógeno.

Os dados aqui apresentados são subsídios para o desenvolvimento de pesquisas futuras relacionadas à produção de mudas de espécies florestais, especialmente aquelas que possuem potencial para recuperação de áreas degradadas. Embora os estudos relacionados à micro-organismos promotores de crescimento vegetal sejam conhecidos há décadas, é necessário que se aprofundem os estudos nas

espécies florestais, uma vez que esses estudos estão concentrados às espécies agrícolas voltadas para fins alimentícios.

Conclusão

O uso de bactérias endofíticas é uma alternativa na promoção de crescimento em mudas de *H. Courbaril*. Nesse estudo foi possível observar que, as bactérias endofíticas possuem especificidades como é o caso do modo de inoculação, o que mostrou que há dependência entre os fatores.

Referências

- ARAÚJO, R. G. V.; SILVA, C. S.; SANTOS, T. M. C.; LIMA, J. R. B.; MONTALDO, Y. C.; ABREU, L. A.; BATISTA, A. S.; ARAÚJO JUNIOR, J. V.; SILVA, L. M. Potential of endophytic bacteria of the *Bacillus* genus to brassica oleracea var. Acephala growth promotion. Asian Academic Research Journal of Multidisciplinary, v.6, n.3, p.53-61, 2019.
- BASHAN, Y.; DE-BASHAN, L. E. Plant Growth-Promoting In: HILLEL, D. In Encyclopedia of soils in the environment. 1.ed, Oxford, 2005, v.1, p.103-115.
- BASTIÁN, F.; COHEN, A.; PICCOLI, P.; LUNA, V.; BARALDI, R.; BOTTINI, R. Production of indol-3-acetic acid and gibberellins A(1) and A(3) by *Acetobacter diazotrophicus* and *Herbaspirillum seropedicae* in chemically-defined culture media. Plant Growth Regulation, v.24, n.1 p.7-11, 1998.
- CAMPOS, M. A. A.; UCHIDA, T. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.37, n.3, p.281-288, 2002.
- CARVALHO FILHO, J. L. S.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; BLANK, A. F.; ALVES, R. M. S. Produção de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes ambientes, recipientes e composições de substratos. CERNE, v.9, n.1, p.109-118, 2003.
- CARVALHO, P. E. R. Produção de mudas de espécies nativas por sementes e a implantação de povoamentos. In: GALVÃO, A. P. M. (Org.). Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais. Brasília: EMBRAPA, 2000. p.151-174.
- CHANWAY, C. P. Inoculation of tree roots with PGPR soil bacteria: an emerging technology for reforestation. Forest Science, v.43, n.1, p.99-112, 1997.

- COSTA, W. S.; SOUZA, A. L.; SOUZA, P. B. Ecologia, manejo, silvicultura e tecnologia de espécies nativas da mata atlântica. Espécies nativas da Mata Atlântica. Viçosa, 2011.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, v.38, n.2, p.109-112, 2014.
- GONZAGA, L. M.; SILVA, S. S.; CAMPOS, S. A.; FERREIRA, R. P.; ROCHA CAMPOS, A. N.; CARVALHO MORI, A. C. M.; Recipientes e substratos para a produção de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v.6, n.1, p.64-73, 2016.
- HALLMANN, J.; QUADT-HALLMANN, A.; MAHAFFEE, W. F.; KLOPPER, J. W. Bacterial endophytes in agricultural crops. *Canadian Journal of Microbiology*, v.43, n.10, p.895-914, 1997.
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. *Plant and Soil*, v.331, p.413-425, 2010.
- JOHNSON, J.; TARIMA, J. M. Selección de especies para uso en cortinas rompevientos en Santa Cruz, Bolivia. Santa Cruz: CIAT / MBAT, 1995. 83p. (CIAT/MBAT. Informe Técnico, 24).
- KENNEDY, I. R.; CHOUDHURY, A. T. M. A.; KECSKÉS, M. L. Non-symbiotic bacterial diazotrophs in crop-farming systems: can their potential for plant growth promotion be better exploited? *Soil Biology & Biochemistry*, v.36, n.8, p.1229-1244, 2004.
- KLOPPER, J. W. Host specificity in microbe-microbe interactions. *BioScience*, v.46, n.6, p.406-409, 1996.
- LEMOES, M. T. O. Prospecção de rizobactérias promotoras de crescimento em quatro espécies arbóreas nativas do Brasil. 72f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agropecuária). Universidade Estadual de São Paulo. Jaboticabal, 2009.
- LESSIE, T. G.; HENDRICKSON, W.; MANNING, B. D.; DEVEREUX, R. Genomic complexity and plasticity of *Burkholderia cepacia*. *FEMS Microbiology Letters*, v.144, p.117-128, 1996.
- LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 5.ed. Instituto Plantarum. Nova Odessa, v.1, 2008. 368p.
- MAFIA, R. G.; ALFENAS, A. C.; FERREIRA, E. M.; ZARPELON, T. G.; SIQUEIRA, L. Crescimento de mudas e produtividade de minijardins clonais de eucalipto tratados com rizobactérias selecionadas. *Revista Árvore*, v.29, n.6, p.843-851, 2005.
- MARIANO, R. L. R.; SILVEIRA, E. B.; ASSIS, S. M. P.; GOMES, A. M. A.; NASCIMENTO, A. R. P.; SABINO DONATO, V. M. T. Importância de bactérias promotoras de crescimento e de biocontrole de doenças de plantas para uma agricultura sustentável. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica*, v.1, p.89-111, 2004.
- MARQUES, T. C. L. L. S.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Crescimento de mudas de espécies arbóreas em solo contaminado com metais pesados. In: Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas, 3, 1997, Ouro Preto. Do substrato ao solo: trabalhos voluntários. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997. p.429-436.
- MELO, A. L. S.; SILVA, J. M.; NETO, A. M.; SANTOS, T. M. C. Prospecção e isolamento de actinomicetos com potencial para promoção de crescimento em rúcula (*Eruca sativa* L.). *Revista Verde*, v.10, n.3, p.31-34, 2015.
- MELO, N. C.; PÓLO, M. Sobrevivência e Germinação de sementes de *Hymenaea courbaril* L. In: Congresso de Ecologia do Brasil, 2007, Caxambu. Anais... Caxambu, 2007.
- MORAES, D. A. A. Princípios básicos para a formação e recuperação de florestas nativas. Brasília: MA/ADR/PNFC, 1998. 55p.
- NASCIMENTO, M. P. S. C. B.; OVILEIRA, M. E. A. Quebra da dormência de sementes de quatro leguminosas arbóreas. *Acta Botânica Brasílica*, v.13, n.2, p.129-137, 1999.
- NASCIMENTO, M. S.; SANTOS, R. B.; TENORIO, F. A.; SILVA, C. S.; SANTOS, T. M. C.; OLIVEIRA, J. U. L.; SILVA, J. M. Detecção de citocininas e giberelinas por bactérias endofíticas associadas com maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. flavicarpa). *Revista Craibeiras de Agroecologia*, v.3, n.1, p.66-80, 2018.
- PAZ, I. C. P. Bactérias endofíticas de eucalipto e potencial uso no controle de doenças e promoção de crescimento de mudas em viveiros florestais. 129f. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.
- RADWAN, T. S. D.; MOHAMED, Z. K.; REIS, V. M. Production of indole-3-Acetic by different strains of *Azospirillum* and *Herbaspirillum* spp. *Symbiosis*, v.32, n.10, p.39-54, 2002.
- SEMARH-AL. Município de Maceió. Boletim dezembro - 2015. Secretaria do Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Maceió, AL. Janeiro, 2016.

SILVA, C. S.; SANTOS, J. M. C.; SILVA, J. M.; TENÓRIO, F. A.; GUEDES-CELESTINO, E. L. F.; CRISTO, C. C. N.; NASCIMENTO, M. S.; MONTALDO, Y. C.; OLIVEIRA, J. U. L.; SANTOS, T. M. C. Bioprospecting of endophytic bacteria (*Bacillus* spp.) from passionfruit (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa*) for plant growth promotion. Australian Journal of Crop Science, v.13, n.8, p.1369-1374, 2019.

SILVA, C. S.; TENÓRIO, F. A.; SILVA, J. M.; GUEDES-CELESTINO, E. L. F.; ARAÚJO, R. G. V.; LIMA, J. R. B.; MONTALDO, Y. C.; SANTOS, T. M. C. Solubilização de fosfatos inorgânicos por bactérias endofíticas isoladas de maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa*). Revista Craibeiras de Agroecologia, v.1, n.1, p.40-45, 2018.

SILVA, J. M.; SANTOS, T. M. C.; ALBUQUERQUE, L. S.; MONTALDO, Y. C.; OLIVEIRA, J. U. L.; SILVA, S. G. M.; NASCIMENTO, M. S.; TEIXEIRA, R. R. O. Potential of endophytic bacteria (*Herbaspirillum* spp. and *Bacillus* spp.) to promote sugarcane growth. Australian Journal of Crop Science, v.9, n.8, p.754-760, 2015.

SOUZA, V. M. S.; SEGATO, S. V. Superação de dormência em sementes de jatobá (*Hymenaea courbaril* l.). Nucleus, v.13, n.1, p.71-80, 2016.

WEI, G.; KLOEPPER, J. W.; TUZUN, S. Induced systemic resistance to cucumber diseases and increased plant growth by plant growth-promoting rhizobacteria under field conditions. Phytopathology, v.86, n.2, p.221-224, 1996.

Capítulo 5

NÃO ESTÁ NA HORA DE TERMOS UM EXAME DE ORDEM PARA OS CURSOS DE ENGENHARIA?

Marcos José Tozzi¹
Adriana Regina Tozzi²
Rafael Fernando Tozzi³

¹Tozzi Engenharia e Consultoria Ltda, Curitiba-PR, marcosjtozzi@uol.com.br

²Centro Universitário Autônomo do Brasil - UniBrasil, Curitiba-PR, civil@unibrasil.com.br

³Universidade Positivo – UP, Curitiba-PR, rftozzi@uol.com.br

Introdução

O planejamento adequado de uma política pública relacionada à educação brasileira passa pela análise de resultados de avaliação, supervisão e regulação dos cursos de graduação. No âmbito do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (Sinaes), criado em abril de 2004, uma das formas de avaliação é o Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (Enade). Aplicado a cada ano por grupo de áreas do conhecimento, o Enade propicia o estabelecimento do Conceito Preliminar de Curso (CPC), que, segundo o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira - Inep, é um indicador de qualidade que combina, em uma única medida, diferentes aspectos relativos aos cursos de graduação. Ele é constituído de oito componentes, um deles é a nota dos concluintes do Enade, que conduz ao valor do CE (Conceito Enade), agrupados em quatro dimensões que se destinam a avaliar a qualidade dos cursos de graduação (INEP, 2018).

Há controvérsias se o CPC é realmente um indicador de qualidade dos cursos de graduação. A eficácia da principal avaliação de ensino superior do país foi criticada por um relatório da OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico, divulgado em 21/12/2018 (OCDE, 2018). Feita a pedido do Ministério da Educação (MEC), que informou neste mesmo dia não ter ainda autorizado a divulgação, a análise questiona a continuidade da aplicação do Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (Enade), pois avalia que a prova tem objetivos "irreais" e falha na tarefa de atestar a qualidade das graduações.

Tozzi e Tozzi (2016) já chamavam a atenção sobre o real valor que o CPC representava em termos da avaliação do curso, devido à consideração do quanto os itens adicionais à nota dos concluintes do Enade alteram os resultados do CPC. Os autores

consideraram que, as características do corpo docente, da infraestrutura e do projeto pedagógico de um curso já são consideradas adequadamente na etapa de avaliação dedicada ao curso e, assim, não precisariam ser consideradas novamente no Enade, que representa uma avaliação do desempenho do estudante. Concluíram, ainda que, pelos resultados obtidos no Enade de 2014 nos cursos de Engenharia Civil, Mecânica e de Produção, seria muito difícil explicar aos estudantes que, em diversos casos, melhores resultados no exame (CE), obtidos com o empenho e dedicação deles em realizar a prova, não conduziram, obrigatoriamente, aos melhores resultados atribuídos aos seus cursos (CPC).

Além disso, Tozzi e Tozzi (2016) apresentaram as comparações entre as distribuições percentuais do CPC e do CC (Conceito do Curso) para os cursos de Engenharia Civil, Mecânica e de Produção, para o Enade de 2014. Concluíram que, enquanto os resultados obtidos para o CPC identificaram percentagens de cursos com conceitos insatisfatórios (1 e 2) – 17,02, 28,56 e 14,50% para os cursos de Engenharia Civil, Mecânica e de Produção, respectivamente, os resultados obtidos para o CC identificaram, praticamente, a ausência de cursos com conceitos insatisfatórios (1 e 2). Ou seja, não há correlação lógica entre o Conceito Preliminar do Curso (CPC) e o Conceito do Curso (CC), e há muita facilidade em se obter o valor mínimo de CC = 3 para os cursos com CPC = 1 e 2. Assim, resta a questão, o CPC é realmente um indicador de qualidade dos cursos de graduação ou o é o CC?

O Enade, pelo que é estabelecido em Lei, é considerado um componente curricular obrigatório que deve ser respeitado pelos estudantes regularmente matriculados em cursos de educação superior e habilitados à condição de participante do exame. As Instituições de Ensino Superior (IES) se

preocupam com os valores do CPC, produzidos pelo Enade, que são atribuídos aos seus cursos, pois os classificam como Insatisfatórios (conceitos 1 e 2), Satisfatórios (conceito 3) e Bons e/ou Muito Bons (conceitos 4 e 5).

Mas, e o Confea, qual deve ser a sua preocupação? Não sendo responsável pela formação dos profissionais que farão parte do Conselho, deve simplesmente definir as atribuições profissionais a todos os concluintes das IES, sem se importar com a qualidade da formação que receberam? Segundo o Censo da Educação Superior de 2017 (INEP, 2019), o número de engenheiros formados em 2017, nos cursos presenciais, atingiu o valor de 113.001, para um número total de 4.366 cursos de Engenharia, com 527.691 vagas.

A consulta avançada realizada no E-MEC (2019), em 10/07/2019, identificou que, os cursos presenciais de Engenharia atingiram 6.013 cursos (crescimento de 37,7% em relação a 2017), com um total de 819.507 vagas (crescimento de 55,3% em relação a 2017). Na mesma consulta, em relação aos cursos de engenharia a distância, verificou-se que o número total de cursos já atingiu o valor de 367 cursos, com um total de 617.045 vagas autorizadas. A soma do número de vagas dos cursos de engenharia presenciais e a distância atingiu, em 10/07/2019, o valor de 1.436.552 vagas.

Com esses números expressivos de cursos de engenharia e de vagas autorizadas, surge a questão, o CONFEA deve ou não considerar uma avaliação própria dos profissionais antes de serem integrados ao Conselho, nos moldes adotados, desde 2010, pelo Exame da Ordem dos Advogados do Brasil?

Visando auxiliar nessa possível decisão de se ter, pela primeira vez, uma avaliação própria dos concluintes antes de atuarem como profissionais no mundo do trabalho, que poderia receber o nome de “Exame de Ordem” do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia – CONFEA, julgou-se importante realizar uma análise comparativa entre os

resultados obtidos pelo Enade do curso de Direito (estudantes concluintes do curso) com os resultados do Exame da Ordem dos Advogados do Brasil (profissionais já formados).

Este trabalho objetiva avaliar instituições que mais aprovaram estudantes no Exame da Ordem em 2015 e comparar com os seus respectivos valores do CPC e CE em 2015 e, dessa forma, demonstrar se o CPC deve ser mesmo considerado como o conceito que representa a real qualidade dos cursos de graduação e, ainda, propor diretrizes que permitam ao CONFEA realizar uma análise quanto à adoção de um possível Exame de Ordem.

Material e Métodos

Neste trabalho foi realizado uma análise comparativa das instituições que mais aprovaram estudantes no Exame da Ordem dos Advogados do Brasil - OAB em 2015 com os valores de CPC e do CE obtidos no Enade de 2015 dos respectivos cursos de Direito. Os dados utilizados foram correlacionados com os dados do Enade de 2017 dos concluintes do curso de Engenharia Civil, fornecendo, assim, subsídios para a consideração de um possível Exame da Ordem pelo Conselho Federal de Engenharia e Agronomia – CONFEA.

Cálculo do CPC

Para o cálculo do CPC foi utilizada uma ponderação de pesos calculados através da Tabela 1.

De acordo com o INEP (2018), o CPC é um indicador de qualidade que combina, em uma única medida, diferentes aspectos relativos aos cursos de graduação. Ele é constituído de oito componentes, agrupados em quatro dimensões que se destinam a avaliar a qualidade dos cursos de graduação. A obtenção do Valor Contínuo do Conceito Preliminar de Curso (CPC) obedece a uma regra de ponderação, que foi aplicada aos oito componentes identificados na Tabela 1.

Tabela 1. Composição do CPC e pesos das suas dimensões e componentes

Dimensão	Componentes	Pesos (%)
Desempenho dos Estudantes Valor agregado pelo processo formativo oferecido pelo curso	Nota dos Concluintes do Enade	20,0
	Nota do Indicador de Diferença entre os Desempenhos Observado e Esperado (NIDD)	35,0
Corpo Docente	Nota de Proporção de Mestres (NM)	7,5
	Nota de Proporção de Doutores (ND)	15,0
	Nota de Regime de Trabalho (NR)	7,5
Percepção Discente sobre as Condições do Processo Formativo	Nota referente à Organização Didático-pedagógica (NO)	7,5
	Nota referente à Infraestrutura e Instalações Físicas (NF)	5,0
	Nota referente às Oportunidades de Ampliação da Formação Acadêmica e Profissional (NA)	2,5

Fonte: INEP (2018).

O resultado do CPC foi obtido utilizando-se a metodologia proposta pelo Inpe (2018), onde pela composição de oito componentes, normatizados entre os valores de 0,00 e 5,00, e ponderados com valores muito diferenciados, que, teoricamente, representam o seu grau de

importância no resultado a ser obtido. Os valores contínuos do CPC obtidos foram truncados na terceira casa decimal e transformados em faixas de 1 a 5, produzindo o valor discreto do CPC, conforme a correspondência resumida na Tabela 2.

Tabela 2. Distribuição dos conceitos do CPC

Valor discreto do CPC	Valor contínuo do CPC
1	0,000 a 0,944
2	0,945 a 1,944
3	1,945 a 2,944
4	2,945 a 3,944
5	3,945 a 5,000

Fonte: INEP (2018).

Análise dos Dados do CPC x Conceito Enade

Para o cálculo do Conceito Enade foi utilizada a metodologia descrita na Nota Técnica nº 16/2018/CGCQES/DAES – INEP (2018) onde o Conceito Enade (CE) é uma

variável discreta que assume valores de 1 a 5, resultante da conversão da Nota Contínua dos Concluintes no Enade do curso de graduação, realizada conforme definido na Tabela 3.

Tabela 3. Distribuição dos conceitos Enade

Conceito Enade	Nota contínua dos concluintes do Enade
1	0,000 a 0,944
2	0,945 a 1,944
3	1,945 a 2,944
4	2,945 a 3,944
5	3,945 a 5,000

Fonte: INEP (2018).

Análise de dados do Exame da OAB x Resultados do Enade

O Exame da Ordem dos Advogados do Brasil, também conhecido como Exame de Ordem, é uma avaliação a que se submetem, por força de lei, os bacharéis em Direito no Brasil, em que demonstram que possuem capacitação,

conhecimentos e práticas necessários ao exercício da advocacia. Este exame é organizado pela própria Ordem dos Advogados do Brasil (OAB).

O Exame da OAB aprova, sistematicamente, em média, da ordem de 20% dos estudantes que o realizam, conforme

identificado na Tabela 4. No período de 2010 a 2019, o total de inscritos no exame foi de

3.301.195 e o total de aprovados foi de 637.036 (OAB, 2019).

Tabela 4. Percentuais de aprovação nos exames da OAB (2010 a 2019)

Edição	Ano	Inscritos	Aprovados na 2ª fase	Aprovados em %
XXVIII	2019.1	132.730	32.335	24,36
XXVII	2018.3	125.164	15.143	12,10
XXVI	2018.2	125.292	22.551	18,00
XXV	2018.1	128.013	28.630	22,36
XXIV	2017.3	128.052	29.905	23,35
XXIII	2017.2	108.331	20.451	18,88
XXII	2017.1	135.238	32.244	23,84
XXI	2016.3	113.279	19.129	16,89
XX	2016.2	115.350	25.239	21,88
XIX	2016.1	134.618	18.791	13,96
XVIII	2015.3	120.251	28.963	24,09
XVII	2015.2	133.394	38.255	28,68
XVI	2015.1	112.580	27.860	24,75
XV	2014.3	111.816	32.591	29,15
XIV	2014.2	110.829	27.828	25,11
XIII	2014.1	123.183	21.076	17,11
XII	2013.3	128.056	16.662	13,01
XI	2013.2	101.194	13.885	13,72
X	2013.1	124.914	33.954	27,18
IX	2012.3	118.562	13.151	11,09
VIII	2012.2	118.763	13.301	11,20
VII	2012.1	111.909	16.419	14,67
VI	2011.3	101.246	25.912	25,59
V	2011.2	108.355	26.024	24,02
IV	2011.1	121.380	18.234	15,02
III	2010.3	106.891	12.534	11,73
II	2010.2	106.041	12.534	11,82
I	2010.1	95.764	13.435	14,03

Fonte: OAB (2019).

Como se trata de um exame realizado após a conclusão do curso, procurou-se verificar se poderia existir alguma correlação entre as instituições que obtiveram os melhores resultados no Exame de Ordem, cursos com maiores percentuais de aprovação com os cursos que obtiveram 4 e 5 no CPC e no CE.

Os dados utilizados para análise contemplam as 18 IES com as melhores taxas de

aprovação nos três exames da OAB realizados em 2015 (OAB, 2016). Dos dados originais excluiu-se a Universidade de São Paulo que não realizou o Exame.

Resultados e Discussão

Na Figura 1 observa-se as distribuições do CPC e do CE para o curso de Direito, referentes ao Enade de 2015.

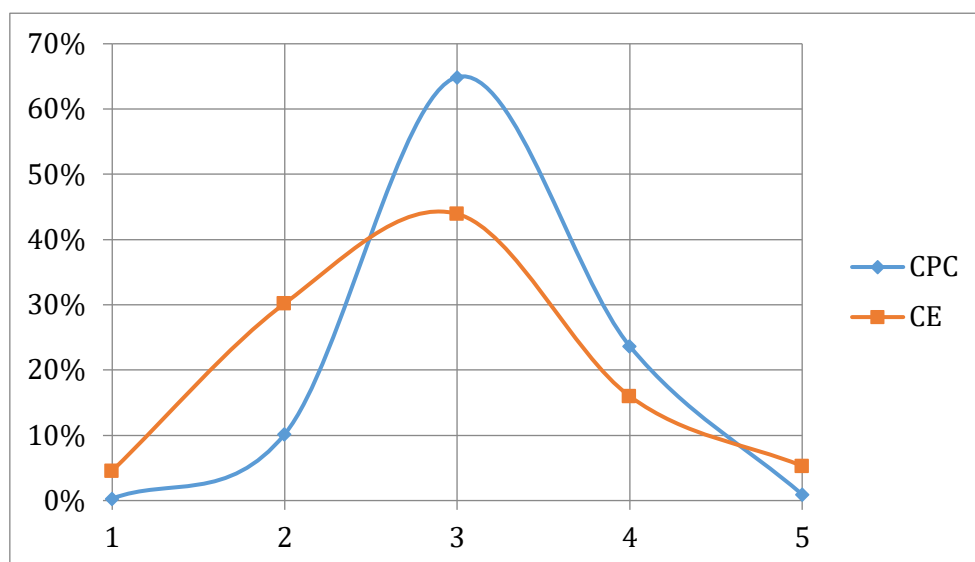


Figura 1. Resultados do Enade 2015 referente ao curso de Direito.

Evidencia-se claramente, um percentual de cursos com notas insatisfatórias com valores 1 e 2, considerando somente o CE, muito superior ao obtido com a atribuição dos valores do CPC (34,79 x 10,49%).

Entretanto, a diferença de percentual com notas insatisfatórias não é restrita ao curso de Direito. Como observa-se na Figura 2, para o curso de Engenharia Civil (Enade 2017), a diferença do percentual do CE é ainda maior do que o correspondente ao CPC (46,18 x 11,73%).

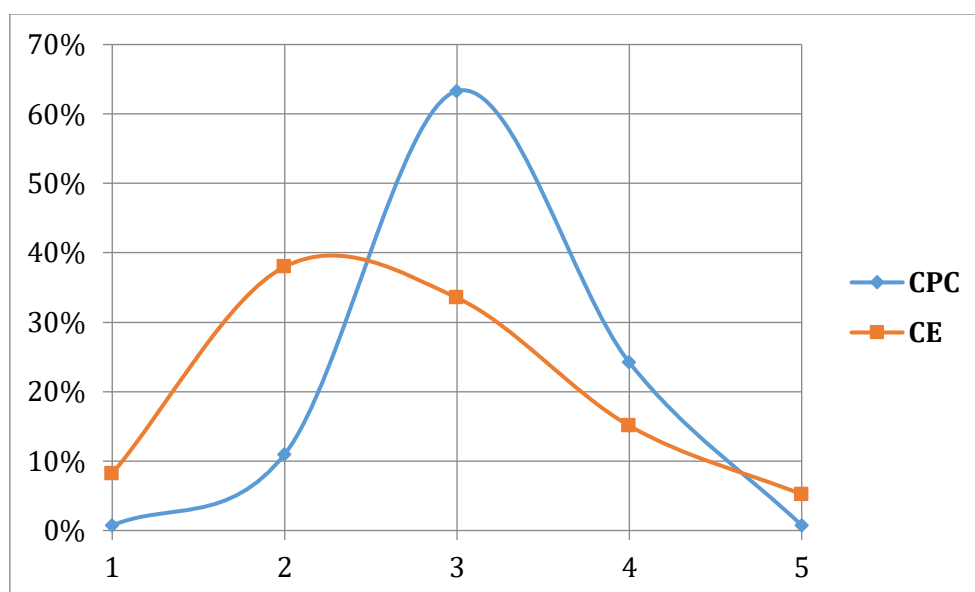


Figura 2. Resultados do Enade 2017 referente ao curso de Engenharia Civil.

Salienta-se que, o CPC é o conceito que tem sido utilizado pelo Inep como um indicador de qualidade dos cursos de graduação. Entretanto, na sequência, mostrar-se-á que o CPC não é o melhor indicador de representação dos cursos de Direito com as maiores taxas de aprovação no exame da OAB.

Os dados apresentados na Tabela 5 contemplam as 18 IES com as melhores taxas de aprovação nos três exames da OAB realizados em 2015 e os resultados do CPC e do CE de 2015, dos cursos de Direito das IES.

Tabela 5. Classificação das IES de acordo com a taxa de aprovação média no Exame da OAB

Nome da instituição	Município	UF	Taxa de aprovação (%)	CPC	CE
Universidade Federal Rural do Semi-Árido	Mossoró	RN	84,6	-	5
Universidade Federal Fluminense	Volta Redonda	RJ	82,1	-	5
Universidade Federal de Viçosa	Viçosa	MG	80,8	3	5
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho	Franca	SP	80,7	3	4
Escola de Direito do Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	RJ	77,8	4	5
Universidade Federal de Pernambuco	Recife	PE	77,0	3	5
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	RJ	75,0	3	4
Universidade Federal do Piauí	Teresina	PI	74,8	3	5
Universidade Federal de Juiz de Fora	Juiz de Fora	MG	73,9	4	5
Universidade Federal do Paraná	Curitiba	PR	73,7	4	4
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro	Três Rios	RJ	72,5	4	4
Universidade Federal de Santa Maria	Santa Maria	RS	72,5	4	5
Universidade Federal de Santa Catarina	Florianópolis	SC	72,1	4	5
Universidade Federal da Paraíba	João Pessoa	PB	72,1	4	5
Universidade Federal de Minas Gerais	Belo Horizonte	MG	72,1	4	5
Universidade Federal Fluminense	Niterói	RJ	72,0	3	4
Universidade Federal de Sergipe	São Cristóvão	SE	71,6	3	5
Universidade Federal de Alagoas	Maceió	AL	69,3	3	4

Fonte: OAB(2016).

Pelos valores constantes na Tabela 5, verifica-se que, o CPC não apresenta razoável correlação com os resultados da OAB, pois não contempla nenhuma nota 5 entre as dezoito IES que mais aprovaram. Por outro lado, uma boa correlação é obtida com os resultados do CE (12 notas 5 e 6 notas 4). Assim, observa-se que o CPC não representa o real conhecimento que os estudantes obtiveram em seus cursos. Esse conhecimento fica, aparentemente, melhor

reproduzido pelo CE, como demonstrado pela sua melhor correlação com os resultados da OAB.

Se considerarmos que, o CE é o que melhor reproduz o efetivo conhecimento adquirido pelos estudantes em um determinado curso, deve-se analisar as distribuições do CE para o curso de Direito (2015) e para o curso de Engenharia Civil (2017), ilustradas na Figura 3.

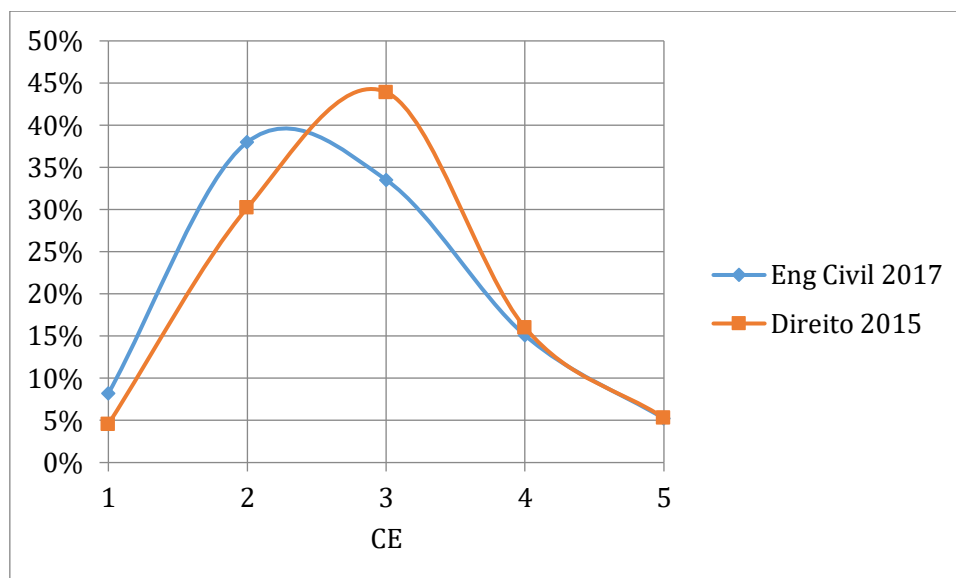


Figura 3. Distribuição do CE de Direito (2015) e Engenharia Civil (2017).

Através do gráfico da Figura 3 deduz-se que, também na Engenharia Civil, o percentual de Instituições com as melhores taxas de aprovação em um possível Exame de Ordem do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia

(CONFEA) seria praticamente igual ao da OAB, pois ambos os cursos apresentam percentual praticamente idêntico para os valores de CE 4 e 5.

Se, por outro lado, considerar-se que o

CPC é o que melhor reproduz o efetivo conhecimento adquirido pelos estudantes em um determinado curso, deve-se analisar as

distribuições do CPC para o curso de Direito (2015) e para o curso de Engenharia Civil (2017), representadas na Figura 4.

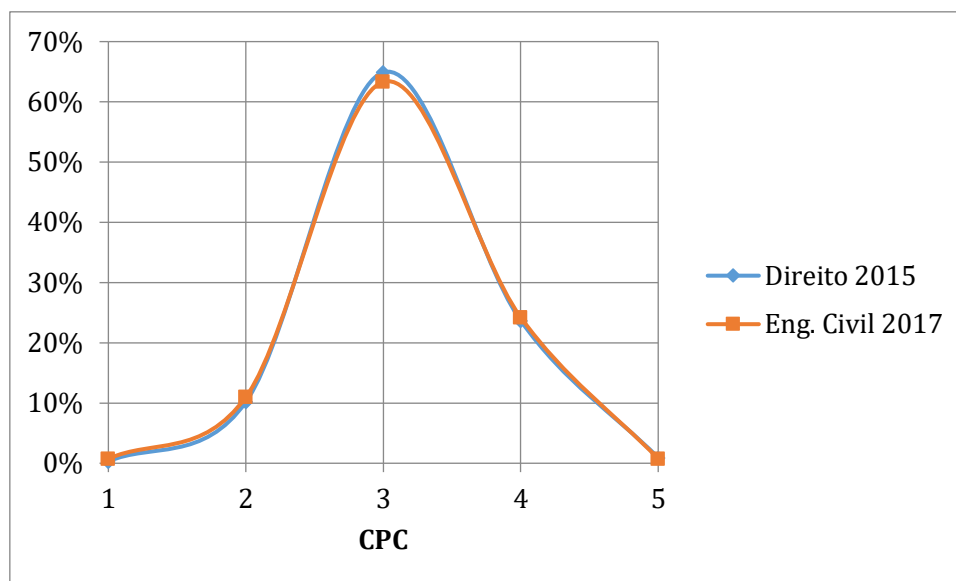


Figura 4. Distribuição do CPC de Direito (2015) e Engenharia Civil (2017).

Constata-se que, a distribuição do CPC é praticamente idêntica para os Cursos de Engenharia Civil e de Direito. Ou seja, deve-se esperar que, o percentual de Instituições com as melhores taxas de aprovação em um possível “Exame de Ordem” do CONFEA seja praticamente igual ao da OAB.

Sabe-se que o curso de Direito, pelo Exame da OAB, aprova somente da ordem de 20% dos formados para atuarem no exercício da advocacia, conforme identificado na Tabela 5. Pela análise elaborada por este trabalho pode-se refletir pela possibilidade de que o curso de Engenharia Civil aprovaria, também, da ordem de 20% dos seus egressos para atuarem como profissionais no mundo do trabalho se submetidos ao “Exame da Ordem” do CONFEA?

Conclusão

Da análise efetuada por este trabalho pode se concluir que:

As porcentagens de cursos com “notas insatisfatórias” (valores “1” e “2”) considerando somente o Conceito Enade, foram muito superiores às obtidas com a atribuição dos valores do CPC. Esses resultados ocorreram independentemente do curso considerado (Direito ou Engenharia Civil). Ou seja, os valores do CPC não resultaram diretamente proporcionais aos resultados obtidos pelo empenho dos estudantes em realizar a prova (CE), devido aos parâmetros adicionais

utilizados na metodologia do cálculo do CPC (características do corpo docente, da infraestrutura e do projeto pedagógico do curso) que mascaram os resultados que poderiam se constituir nos mais representativos do ponto de vista do desempenho exclusivo dos estudantes.

A comparação dos resultados entre as 18 IES com as melhores taxas de aprovação nos três exames da OAB realizados em 2015, juntamente com os respectivos valores do CPC e do CE, evidenciam que o CPC não apresentou razoável correlação com os resultados da OAB, pois não contemplaram nenhuma nota “5” entre as dezoito IES que mais aprovaram. Por outro lado, uma boa correlação foi obtida com os resultados do CE (12 notas “5” e 6 notas “4”). Assim, pode-se concluir que, o CPC não representa o real conhecimento que os estudantes obtiveram em seus cursos; esse conhecimento fica, aparentemente, melhor reproduzido pelo CE. Pela análise dos resultados, remete-se ao Inep a questão de analisar e rever sua metodologia de continuar considerando a atribuição dos valores de CPC à qualidade dos cursos de graduação.

Considerando que o CE é o que melhor reproduziu o efetivo conhecimento adquirido pelos estudantes em um determinado curso, deduz-se que, também na Engenharia Civil, o percentual de Instituições com as melhores taxas de aprovação em um possível “Exame de Ordem” do Conselho Federal de Engenharia e

Agronomia (CONFEA) seria praticamente igual ao da OAB, pois ambos os cursos apresentaram percentual praticamente idêntico para a distribuição dos valores do CE 4 e 5.

Mesmo considerando o CPC como parâmetro de análise, constatou-se que a sua distribuição é praticamente idêntica para os Cursos de Engenharia Civil e de Direito. Ou seja, deve-se esperar, novamente, que o percentual de Instituições com as melhores taxas de aprovação em um possível “Exame de Ordem” do CONFEA seja praticamente igual ao da OAB.

O Exame da OAB, que vem sendo realizado desde 2010, tem mostrado que o curso de Direito aprova somente da ordem de 20% dos formados para atuarem como profissionais da área. Com as comparações realizadas por este trabalho, independentemente da consideração dos valores do CPC ou do CE, seria provável esperar que da ordem de 20% dos formados em Engenharia Civil seriam aprovados no possível “Exame de Ordem” do CONFEA.

Questiona-se se já não é necessário um tipo de “Exame de Ordem” para o Curso de Engenharia Civil e para os demais Cursos de Engenharia, se o CONFEA já está estudando questão, e se este Exame da Ordem conseguiria, efetivamente, oferecer à sociedade os profissionais mais capacitados para o exercício da nobre função da Engenharia.

Constatou-se a necessidade da realização de um exame que proporcionasse uma análise detalhada dos seus resultados quanto à qualidade da formação dos concluintes dos cursos de Engenharia.

Referências

E-MEC. Cadastro Nacional de Cursos e Instituições de Educação Superior. Consulta Avançada para os Cursos de Engenharia. Disponível em: <http://emec.mec.gov.br/>. Acesso em: 10.07.2019.

INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Brasília - Brasil. Nota Técnica Daes/Inep nº 16/2018/CGCQES/DAES, sobre o Cálculo do Conceito Enade de 2017. 2018.

INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Brasília - Brasil. Nota Técnica Daes/Inep nº 18/2018, de 02 de agosto de 2018, sobre o Cálculo do Conceito Preliminar de Curso de 2017. 2018.

INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Brasília - Brasil. Sinopse Estatística da Educação Superior - Graduação 2017. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/web/guest/sinopses-estatisticas-da-educacao-superior>. Acesso em: 05.09.2019.

INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Brasília - Brasil. Portaria Normativa Nº 8, de 26 de abril de 2017, 2017. Disponível em: http://download.inep.gov.br/educacao_superior/enade/legislacao/2017/portaria_normativa_n8_de_26042017.pdf. Acesso em: 02.11.2018.

INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Planilhas com Resultados do CPC e CE. 2018. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/planilhas-enade>. Acesso em: 11.12.2018.

OCDE. Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. 2018. Disponível em: <https://educacao.uol.com.br/noticias/agencia-estado/2018/12/22/relatorio-da-ocde-reprova-exame-brasileiro-que-avalia-ensino-superior.htm>. Acesso em: 22/12/2018.

OAB. Ordem dos Advogados do Brasil. 2019. Disponível em: <http://examedeorde.oab.org.br/DadosEstatisticos>. Acesso em: 04.09.2019.

OAB. Ordem dos Advogados do Brasil. Exame da Ordem em Números. Volume III - Abril de 2016. p.65-66. Disponível em: https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/18493/oab_3_edicao_v4_web_espelhado.pdf. Acesso em: 02/11/2018.

TOZZI, M.; TOZZI, A. Conceito Preliminar de Curso (CPC) x Conceito do Curso (CC): Há coerência desses valores nos cursos de engenharia? In: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 64, 2016, Natal. Anais. Natal, 2016.

Capítulo 6

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE DIFERENTES FRUTAS

Vírginia Mirtes de Alcântara Silva¹

Newton Carlos Santos²

Sâmela Leal Barros³

Victor Herbert de Alcântara Ribeiro⁴

Eliélson Rafael Barros⁵

Danise Medeiros Vieira⁶

Soares Elias Rodrigues Lima⁷

^{1,4}Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CTRN/Campus Campina Grande - PB, virginia.mirtes2015@gmail.com; victor_herbert@hotmail.com

^{2,3}Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CTRN/UAEA/Campus Campina Grande - PB, newtonquimicoindustrial@gmail.com; samelaleal7@gmail.com

⁵Aluno de graduação em Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CDSA/Campus Sumé - PB, elielsonrafael@gmail.com

⁶Msc. Professora do Departamento de Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal do Pernambuco, IFPE/Campus Barreiros- PE, danisemedeiros@gmail.com

⁷Engenheiro de Alimentos, Mestre em Ciências e Tecnologia dos Alimentos, soareselias23@gmail.com

Introdução

A fruticultura brasileira é um setor da economia que vem registrando significativos avanços, consolidados no aumento da produção e da produtividade e na melhoria da qualidade dos frutos, a exemplo da laranja, da banana, da manga, da uva e da maçã. No entanto, a participação de frutos tropicais, nativos e exóticos nesse mercado é praticamente nula (LEDERMAN et al., 2008; SILVA et al., 2016).

O Brasil tem a maior biodiversidade do mundo, tornando-se possível crescer numerosas espécies de frutas. Muitos deles são praticamente desconhecidos e, por isso, são muito pouco explorada comercialmente. Entre as frutas com alta poder agroindustrial, há frutos dos Spondias, que têm nutricionais e organolépticas únicas propriedades. O sabor e o aroma atraente destes frutos exóticas são responsáveis pela alta aceitação, cuja relação está relacionada aos seus atributos sensoriais (SOUSA et al., 2019).

Segundo Sousa et al. (2019), no Brasil principalmente na região Nordeste, existem várias áreas onde o clima e características do solo são especialmente favoráveis a frutas tropicais. Produção de frutas e processamento nestes áreas representam importantes atividades econômicas, não apenas devido ao marketing regional relevante, mas também devido ao crescimento do mercado doméstico e internacional (TIBURSKI et al., 2011).

Segundo Silva et al. (2017), o umbu é considerado como uma fonte de renda para as famílias dos agricultores da região Semiárida do Nordeste Brasileiro. O fruto é pequeno de formato arredondado, sabor típico, exótico e acentuado gosto ácido. O aumento do consumo destes frutos tem ganhado espaço no mercado nacional e internacional, através destes, podemos contar com uma gama de nutrientes essenciais à saúde, apresentando sabor agradável, aroma peculiar, e o seu consumo pode contribuir substancialmente na dieta (SANTOS et al., 2009).

O Brasil é o maior produtor, consumidor e exportador de acerola (*Malpighia glabra* L.) no mundo. A acerola é uma fruta em drupa, carnosa, variando na forma, tamanho e peso, é um fruto climatérico, com elevado pico da taxa respiratória, mas com baixa taxa no pico de produção de etileno (CARRINGTON & KING, 2002).

A acerola (*Malpighia marginata* D. C.) é uma planta originária das Antilhas, a área cultivada no Brasil é estimada em cerca de 10.000 ha, com destaque para seu valor nutricional, vem tendo seu consumo crescente, tanto na forma *in natura* quanto industrializada, sob a forma de sucos, sorvetes, geleias, xaropes, licores, doces em caldas, entre outros. Sua expansão no mercado nacional e internacional deve-se, basicamente, ao elevado teor de ácido ascórbico (Vitamina C) que, em algumas

variedades, atinge até 4.000 miligramas por 100g de polpa (SILVA et al., 2012).

A ciriguela (*Spondias purpurea* L.) é nativa da América Central, amplamente cultivada em pomares domésticos de todas as regiões tropicais do país, principalmente no Norte e Nordeste. É bastante comercializada e consumida in natura, bem como adicionados a aguardente e açúcar, sob a forma de caipirinhas. Também utilizada no preparo de polpa concentrada, de bebidas fermentadas, vinho, sucos e sorvetes (LORENZI, 2006). Estudos sobre as características físico-químicas desse fruto, cultivado na Paraíba, Ceará e Maceió, foram feitos com o passar dos anos. Entretanto, vários fatores como condições climáticas, solo, localização, estação do ano, cultivares analisados, fertilização afetam essas características (SILVA et al., 2016; CHAVES et al., 2019).

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar os parâmetros físico-químicos de três diferentes frutas (umbu, acerola e ciriguela), afim de agregar valor e funcionalidade as essas polpas no desenvolvimento de novos produtos.

Material e Métodos

O presente estudo foi desenvolvido no Laboratório de Engenharia de Alimentos (LEA), localizado no Centro de Recursos Naturais e Tecnologia (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – Paraíba.

Matérias primas

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizados umbu (*Spondias tuberosa* A. C.), acerola (*Malpighiae marginata* D. C.) e ciriguela (*Spondias Purpurea* L.), todos em estágio de maturação maduros, adquiridos na feira central da cidade de Campina Grade.

As amostras foram identificadas por letras, sendo umbu (A), acerola (B), e ciriguela (C). As determinações de pH, acidez, sólidos solúveis totais, ratio (SST/ATT), umidade, atividade de água, cinzas, proteínas e carboidratos seguiram a metodologia de acordo com BRASIL (2008). O teor de lipídeos foi determinando de acordo com Folchet al. (1957). A determinação de ácido ascórbico (Vitamina C) foi realizada através do método de Tillmans (BRASIL, 2008).

Métodos analíticos

A medida do pH foi conduzida introduzindo-se o eletrodo do pHmetro de

bancada, previamente calibrado, diretamente na amostra homogênea.

A Acidez titulável foi determinada por titulometria e a Equação 1 foi usada para expressar os resultados em (% de ácido cítrico).

$$\text{Acidez titulável} = \frac{v \times f \times M \times PM}{10 \times P \times n} \quad (\text{Eq.1})$$

Onde : v – volume da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação; f - fator de correção da solução de hidróxido de sódio; M - molaridade da solução de hidróxido de sódio; PM – peso molecular do ácido correspondente em gramas; P- massa da amostra em gramas ou volume pipetado em mL; N – número de hidrogênio ionizáveis.

O Teor de sólidos solúveis totais (SST) foi determinado por refratometria, utilizando-se refratômetro digital de bancada, à temperatura ambiente, e os resultados foram expressos em °Brix.

A Ratio (SST/ATT) foi determinado pelo equilíbrio entre doce-ácido do produto, foi calculada pela relação entre sólidos solúveis e a acidez titulável (SST/ATT).

O Teor de umidade foi realizada em estufa pela técnica de secagem gravimétrica a 105°C, por 24 horas.

A Atividade de Água (Aw) foi determinada através de leitura direta da amostra na temperatura de 25°C, em higrômetro Aqua-Lab.

O Teor de cinzas foi quantificado por gravimetria após incineração em mufla a 550°C. O método de baseia na perda de peso que ocorre quando o produto é incinerado a 550°C, com destruição da matéria orgânica.

Teor de proteínas foi realizado através da quantidade de nitrogênio da amostra, por digestão Kjeldahl. As três etapas importantes para a determinação de proteínas são a digestão, onde a amostra é submetida a altas temperaturas juntamente com a mistura catalítica em um digestor (marca TECNAL, modelo TE 007A); destilação realizada em destilador (marca TECNAL, modelo TE 007A) com Hidróxido de Sódio concentrado, e por fim a titulação, onde o nitrogênio é transformado em amônia, resultando em g de protídios e se aplicando um fator de 6,25 (BRASIL, 2008).

Teor de lipídeos foi realizada empregando clorofórmio e metanol. As vantagens sobre a maioria dos métodos é que se consegue a extração e purificação dos lipídios, pela mistura de solventes (FOLCH et al., 1957).

A determinação do Ácido ascórbico (vitamina C), baseou-se na redução do corante sal sódico de 2,6-diclorofenol indofenol por uma solução ácida de vitamina C. A Equação 2 foi utilizada para expressar os resultados em (% de ácido ascórbico).

$$\text{Ácido ascórbico} = \frac{v \times f \times 100}{m} \quad (\text{Eq.2})$$

Onde: v – volume gasto na titulação; f – fator de correção; m – massa da amostra.

Para o Teor de carboidratos, o valor de carboidratos totais, incluindo fibras, foi obtido por diferença centesimal com a soma dos resultados encontrados em percentagem de umidade, cinzas, proteínas e lipídeos, conforme apresentado na Equação 3 (BRASIL, 2008).

$$\text{Carboidratos totais (g/100g)} = 100 - [\text{umidade} + \text{cinzas} + \text{proteínas} + \text{lipídeos}] \quad (\text{Eq.3})$$

Análise estatística

Foi realizada para os dados experimentais em triplicata e os resultados

foram submetidos à análise de variância de fator único (ANOVA) de 5% de probabilidade, e os resultados qualitativos significativos foram submetidos ao teste de *Tukey* adotando-se o nível de 5% de significância. Para o desenvolvimento das análises estatísticas o software STATISTICA versão 10 foi utilizado.

Resultados e Discussão

Todos os resultados obtidos no presente trabalho para os três frutos avaliados do umbu (A), acerola (B) e ciriguela (C) são encontrados nas Figuras 2 a 12, apresentados em médias.

Na Figura 2 estão apresentados os resultados obtidos para o parâmetro de pH. As médias seguidas da mesma letra não apresenta diferenças significativas ($p > 0,05$). No entanto, observa-se que as três frutas avaliadas apresentam variação de 2,76 a 3,93, a ciriguela apresenta maior valor com relação a este parâmetro. Barros et al. (2019), obteve para polpa de abacaxi valores próximos ao do presente estudo (3,79). Abreu et al. (2009), que em seus estudos com cinco diferentes variedades de maracujá, obtiveram valores de pH entre 3,04 a 3,08.

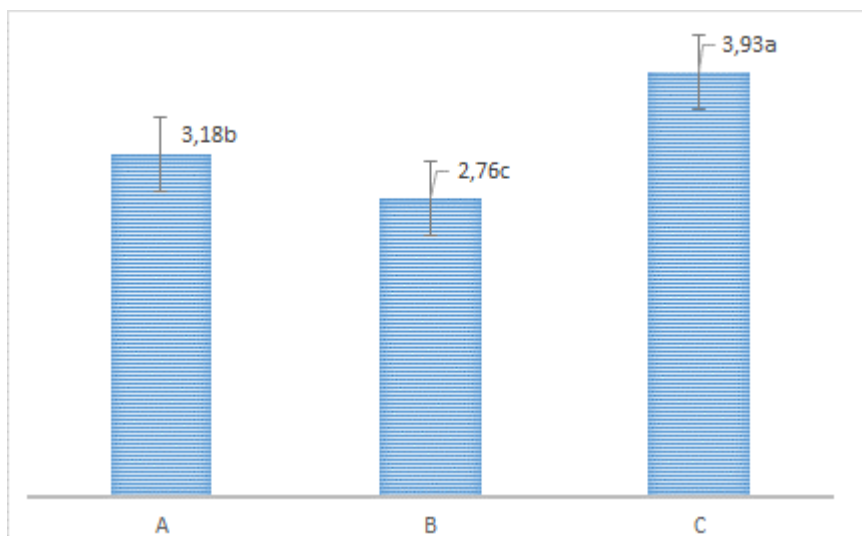


Figura 2. Valores obtidos para potencial hidrogeniônico (pH) para as frutas umbu, acerola e ciriguela.

Segundo Santos et al. (2008) e Santos et al. (2018), o baixo valor de pH pode representar um fator limitante para o crescimento de bactérias patogênicas, mantendo os índices de contaminação bacteriana em níveis baixos. Baixos valores de pH em polpas de frutas garantem sua conservação sem a necessidade de tratamento térmico muito severo, não comprometendo sua qualidade nutricional (SANTOS et al., 2016).

Na Figura 3 estão apresentados os resultados obtidos para o parâmetro de acidez total titulável (ATT). A média obtida para umbu não apresenta diferenças estatísticas significativas ($p > 0,05$) quando comparada a acerola, mas apresenta diferença quando comparada com a ciriguela. No entanto, a acerola apresenta o maior percentual de ácido cítrico (2,14%). Brito et al. (2008), ao avaliarem a qualidade físico-química de três variedades de abacaxi, obtiveram valores para acidez que

variaram de 0,63 a 0,85% de ácido cítrico, próximo valores estes ao obtido para a ciriguela. Maciel et al. (2016), determinaram acidez total

titulável (ATT) de 0,53% de ácido cítrico para polpas de goiabas, e 1,06% de ácido cítrico para polpas de acerola.

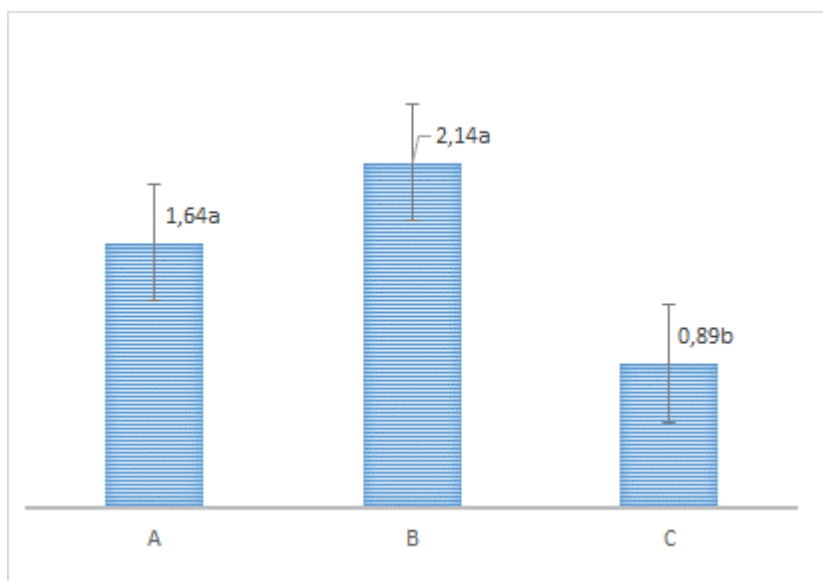


Figura 3. Valores obtidos para acidez total titulável (% Ácido cítrico) para as frutas umbu, acerola e ciriguela.

Segundo Aroucha et al. (2010), a acidez é importante, não somente para determinar a relação de doçura de um produto, mais também pela sua grande utilidade na indústria de alimentos como conservante, podendo prolongar a vida de prateleira, índice para avaliação de qualidade e maturidade, indicador sensorial, entre outras funções.

Na Figura 4 estão apresentados os resultados obtidos para o parâmetro de sólidos

solúveis totais (SST). As médias seguidas de letras diferentes apresentam diferenças significativas entre si ($p > 0,05$). Menores teores são observados para a acerola (6,3 °Brix), e maiores valores para os frutos da ciriguela (14,38 °Brix). Santos et al. (2018), em seus estudos com acerola, abacaxi e maracujá, obtiveram valores de 4,42 °Brix, 13,35 °Brix, 10,98 °Brix, respectivamente.

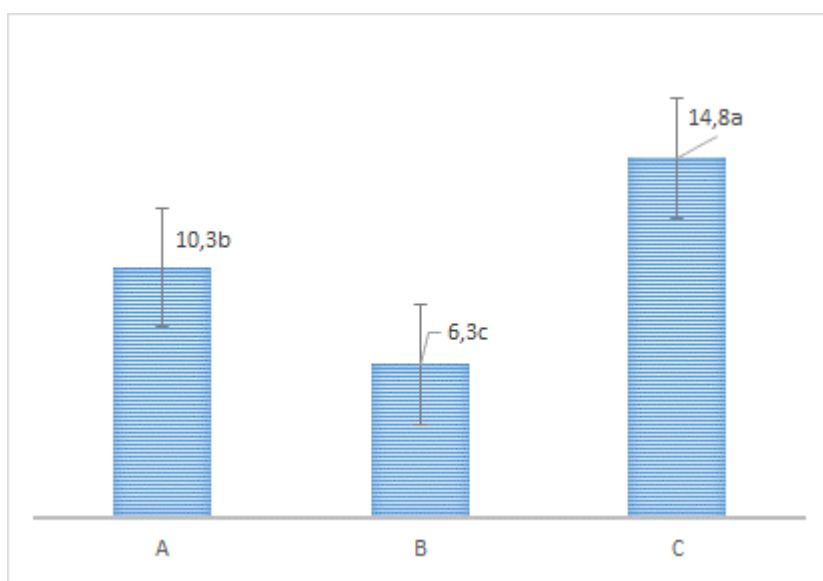


Figura 4. Valores obtidos para sólidos solúveis totais (°Brix) para as frutas umbu, acerola e ciriguela.

Segundo Pimentel Junior et al. (2019), este parâmetro indica o grau de maturação da

fruta, valores superiores deste parâmetro indicam elevado grau de maturação. Sólidos

solúveis presentes nos frutos na forma combinada, são responsáveis pela doçura, sabor e cor, atrativas como derivado das antocianinas e pela textura, quando combinados adequadamente polissacarídeos estruturais. Os principais açúcares em frutos são a glicose, frutose e sacarose em proporções variadas, de acordo com a espécie. O teor de açúcares aumenta com a maturação dos frutos (CHAVES et al., 2004).

Na Figura 5 estão apresentados os resultados obtidos para o ratio (SST/ATT). O parâmetro ratio foi calculado através da relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez total titulável, e o maior valor obtido para os frutos de ciriguela é de 16,64. Quanto a este parâmetro as três frutas avaliadas apresentam diferenças estatísticas entre si ($p > 0,05$).

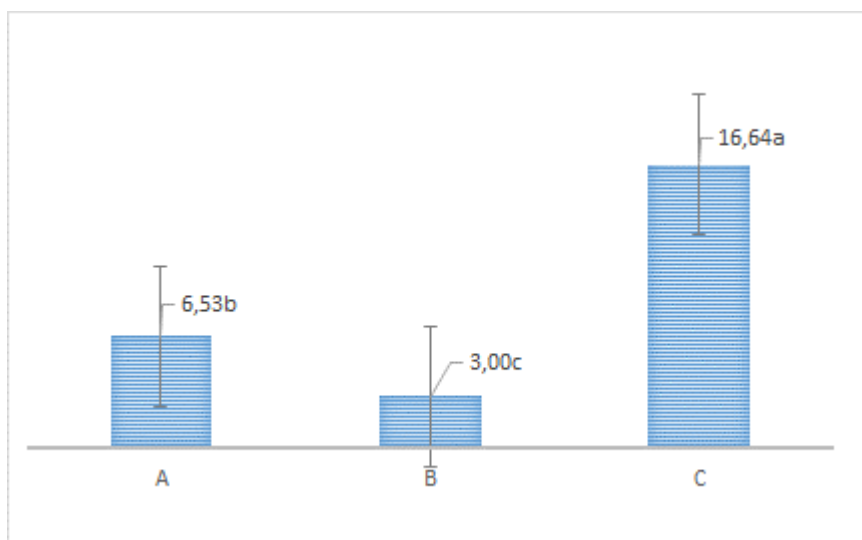


Figura 5. Valores obtidos para o ratio (SST/ATT) para as frutas umbu, acerola e ciriguela.

Silva et al. (2019), ao avaliaram polpas de cupuaçu e graviola, obtiveram valores que variaram de (5,58 – 7,77) para cupuaçu, e de (7,99-13,22) para graviola. O parâmetro *ratio* é uma relação utilizada como indicação do grau de maturação da matéria prima utilizada para produção da polpa, evidenciando qual o sabor predominante, o doce ou o ácido, ou ainda se há equilíbrio entre eles (BRASIL, 1996).

Na Figura 6 estão apresentados os resultados referentes ao teor de umidade (%). Verifica-se que todas as frutas avaliadas apresentam alto teor de umidade com diferença

estatística significativa entre si ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$), valores superiores com relação a este parâmetro são observados na acerola (93,68%). Altos valores de teor de água indicam baixa estabilidade do produto durante o armazenamento, fator que torna as polpas de frutas in natura produtos com curto período de vida útil. Valores próximo ao do presente estudo foram observados por Silva et al. (2017), para polpa de açaí (85,360%), e por Gazola et al. (2017), para polpa de pitanga (85,060%).

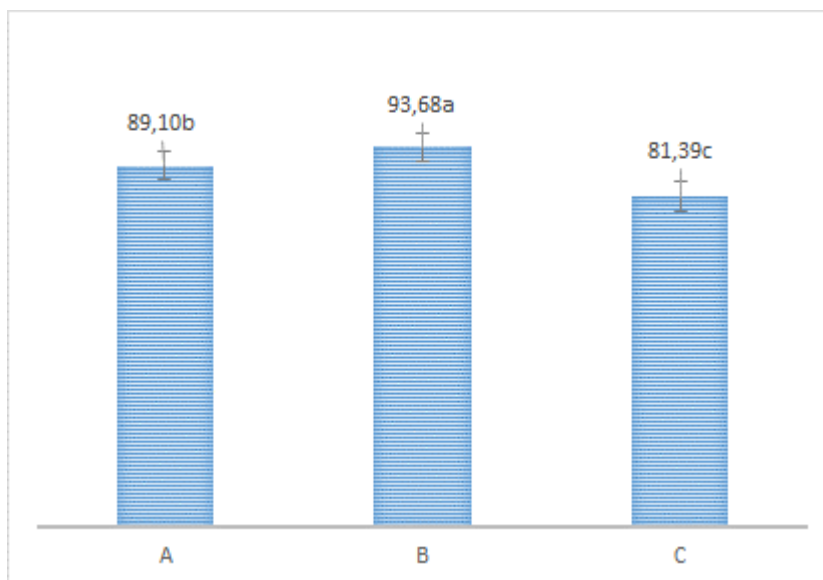


Figura 6. Valores obtidos para o teor de umidade (%) para as frutas umbu, acerola e ciriguela.

O Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2008) indica teores de umidade em frutas na faixa de 65 – 95g/100g. Na Figura 7 estão apresentados os resultados obtidos para o parâmetro atividade de água. Observa-se que, as frutas umbu e acerola não apresentam diferença significativa entre si ($p < 0,05$), e todas as frutas apresentam

valores superiores a 0,9. Segundo Oliveira (2012), quando o produto apresenta valores de teor de água superiores a 0,85, este pode ser classificado como produtos de alto teor de água. Sousa et al. (2019), obtiveram os valores de atividade de água 0,980 para cajá, cajarana e ciriguela; e 0,990 para umbu-cajá e umbu.

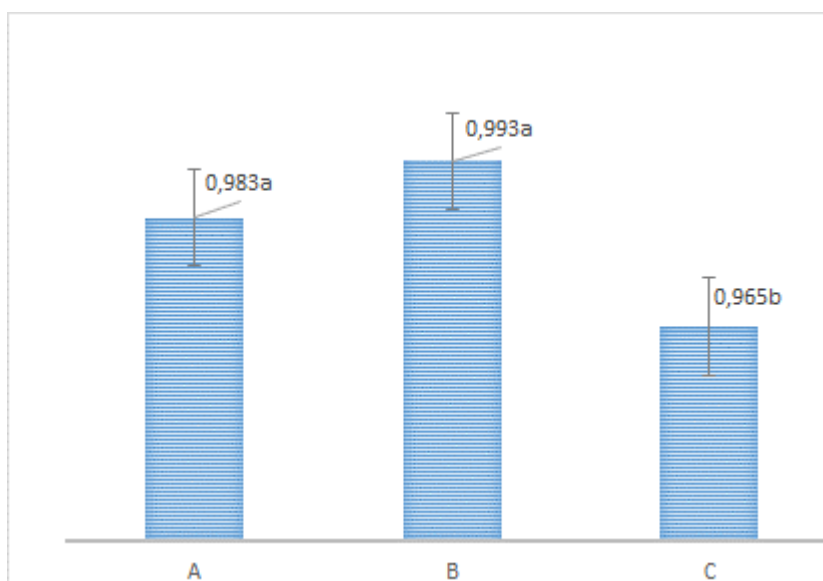


Figura 7. Valores obtidos para a atividade de água (A_w) para as frutas umbu, acerola e ciriguela.

Segundo Silva et al. (2019), a atividade de água é uma das principais propriedades quando se considera as etapas de processamento, conservação e armazenamento de alimentos.

Na Figura 8 estão apresentados os resultados obtidos para o teor de cinzas, valores superiores deste parâmetro que se observa para a acerola (1,03%). Todas as frutas avaliadas apresentam diferença estatística

significativa entre si ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Valores próximos ao do presente estudo foram obtidos por Chaves et al. (2019) no qual, obtiveram 0,32% de cinzas para ciriguelas in natura, e por Silva et al. (2017), que obtiveram 0,37% de cinzas para polpa do umbu in natura. Segundo Cechi (2003), o conteúdo de cinzas varia de 0,4 a 2,1% em frutas frescas e representam os minerais contidos nos alimentos que podem estar em grandes

quantidades como o K^+ , Na^+ e Ca^+ e pequenas como o Fe, Mn e Zn.

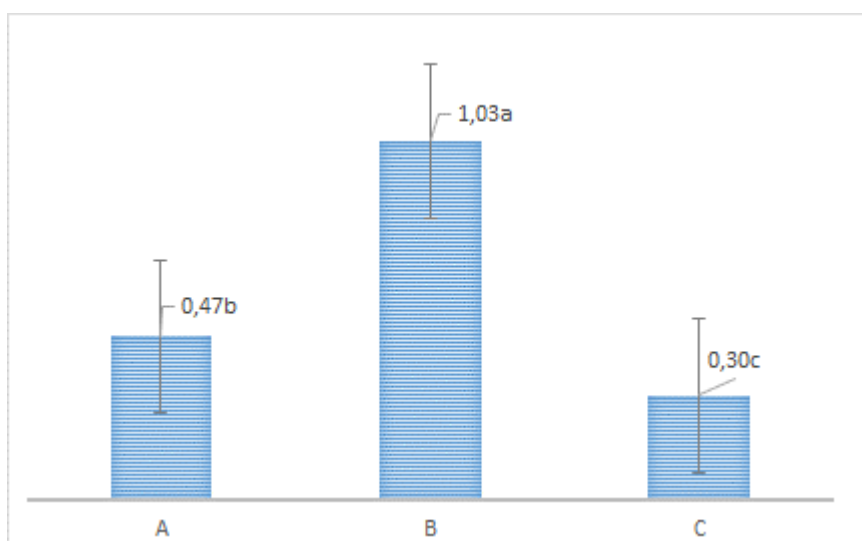


Figura 8. Valores obtidos para o teor de cinzas (%) para as frutas umbu, acerola e ciriguela.

Na Figura 9 estão apresentados os resultados obtidos para o teor de proteínas. Observa-se que as polpas in natura de umbu e ciriguela, não apresentam diferença significativa entre si ($p < 0,05$). Estas semelhanças nos teores de proteínas das amostras, podem estar relacionadas pelo fato dos frutos pertencerem ao mesmo gênero (*Spondias*). Ao comparar os dados obtidos no

presente estudo para ciriguela, com os valores reportados pela Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011), verifica-se que, o teor de proteínas (1,4%) é maior que ao observado no presente estudo (0,77%). Silva et al. (2019), para polpa da beterraba in natura, obtiveram teor de proteínas de 2,38%.

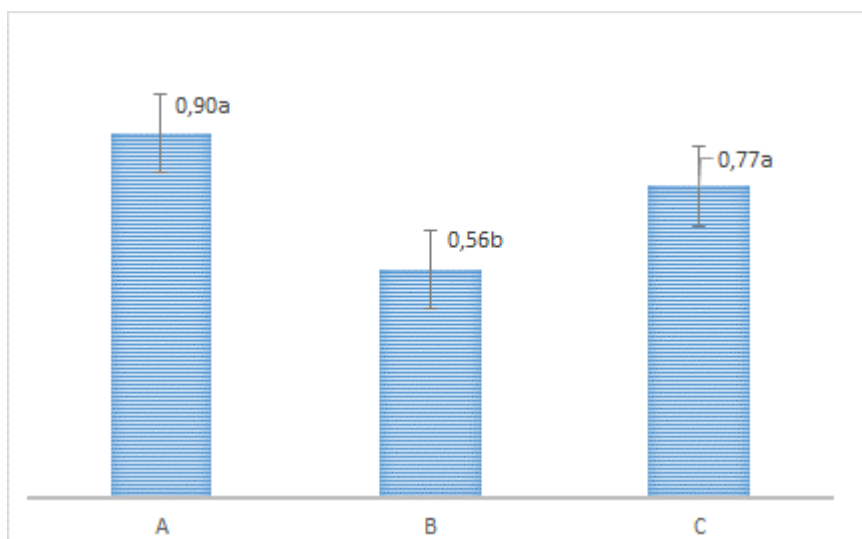


Figura 9. Valores obtidos para o teor de proteínas (%) para as frutas umbu, acerola e ciriguela.

Na Figura 10 estão apresentados os resultados obtidos para o teor de lipídeos. As polpas in natura de umbu e acerola não apresentam diferença significativa entre si ($p < 0,05$). O teor lipídico das frutas do presente estudo está próximo ao reportado por Santos et

al. (2019), em polpas de abacaxi (0.11%), ameixa (0.06%), caqui (0.04%), laranja (0.13%), maçã (0.05%), mamão (0.12%), maracujá (0.37%), melão (0.02%), morango (0.27%) e uva (0.08%).

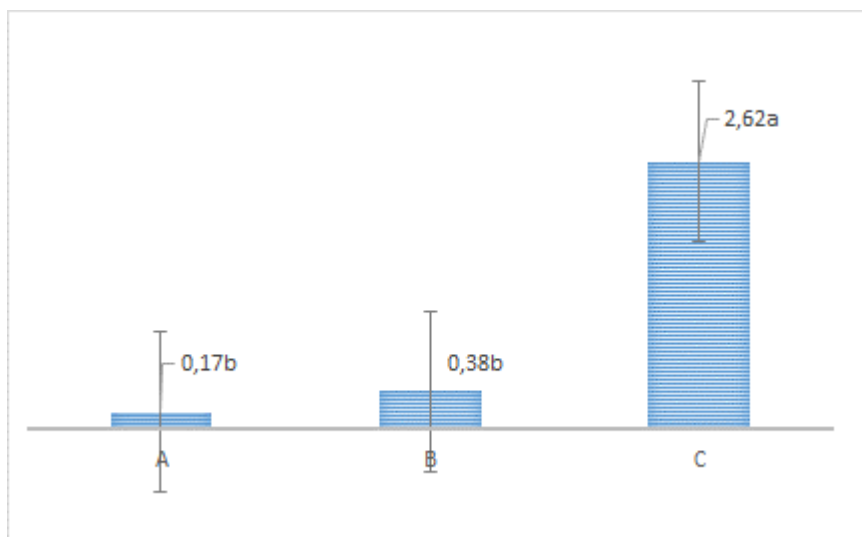


Figura 10. Valores obtidos para o teor de lipídeos (%) para as frutas umbu, acerola e ciriguela.

O maior teor obtido para este parâmetro para é o da cirigüela (2,62%). Valores superiores foram observados em ciriguelas por Chaves et al. (2019), 3,25%.

Na Figura 11 estão apresentados os resultados obtidos para o teor de ácido ascórbico (Vitamina C) das frutas. Assim, como observado para o teor de proteínas as polpas in natura de umbu e ciriguela também não apresentam diferença significativa entre si ($p < 0,05$) para este parâmetro.

No presente estudo para acerola, o teor de ácido ascórbico obtido é de 607,67 mg de ácido ascórbico por 100 g de polpa. Dentro da

faixa dos valores obtidos por Estevam et al. (2018), ao avaliaram o ter de vitamina C em variedades de acerola no seu estágio maduro de maturação, obtiveram teores que variaram de 530,6 a 1087,4 mg de ácido ascórbico por 100 g de polpa.

Maciel et al. (2010) afirmam que, o teor de vitamina C na acerola pode ser influenciado por vários fatores como a localização geográfica, práticas de cultivo, regime pluvial, exposição à luz do sol, características genéticas e, principalmente, o estágio de maturação em que os frutos se encontram, com maiores teores de vitamina C nos frutos verdes.

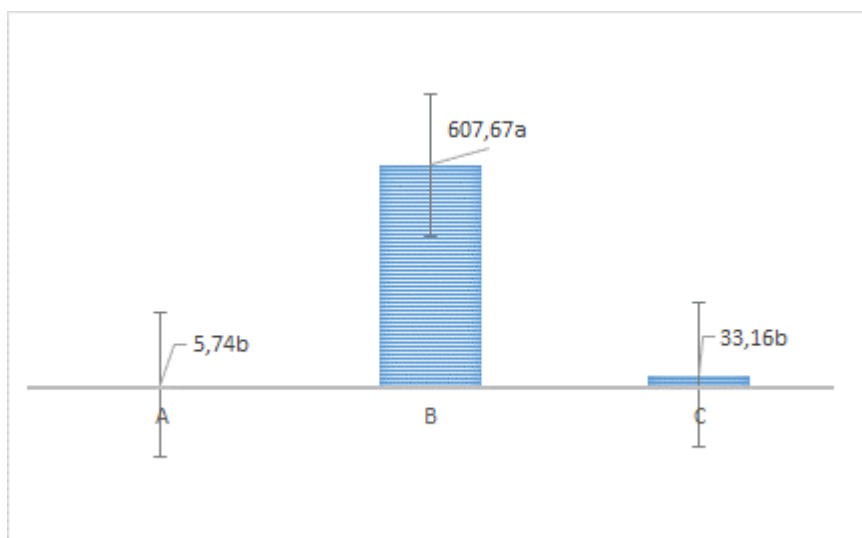


Figura 11. Valores obtidos para o teor de ácido ascórbico (vitamina C) para as frutas umbu, acerola e ciriguela.

Valores próximos aos obtidos para ciriguela (33,16 mg de ácido ascórbico por 100 g de polpa) foram obtidos em frutos do murici por Santos et al. (2018), no qual obtiveram teor

de 42,24 mg de ácido ascórbico por 100 g de polpa.

O ácido ascórbico é uma vitamina hidrossolúvel encontrada em muitos sistemas biológicos e alimentos. No qual, está

relacionado diretamente nas defesas antioxidantes do organismo eliminando diretamente os radicais livres de oxigênio e de óxido nítrico, pois o mesmo encontra-se no meio intra ou extracelular da maior parte dos órgãos, como também está ligado na reciclagem de α -tocoferil em α -tocoferol (MORAIS, 2011).

Na Figura 12 estão apresentados os resultados obtidos para o teor de carboidratos totais, em que se observa que, todas as frutas

avaliadas apresentam diferença estatística significativa entre si ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Os resultados verificados neste trabalho em relação ao teor de carboidrato totais, onde está incluída o teor de fibras, afirmam que a ciriguela apresenta maior teor de carboidratos (14,92%), e consequentemente apresenta maior percentual de fibras em suas composições.

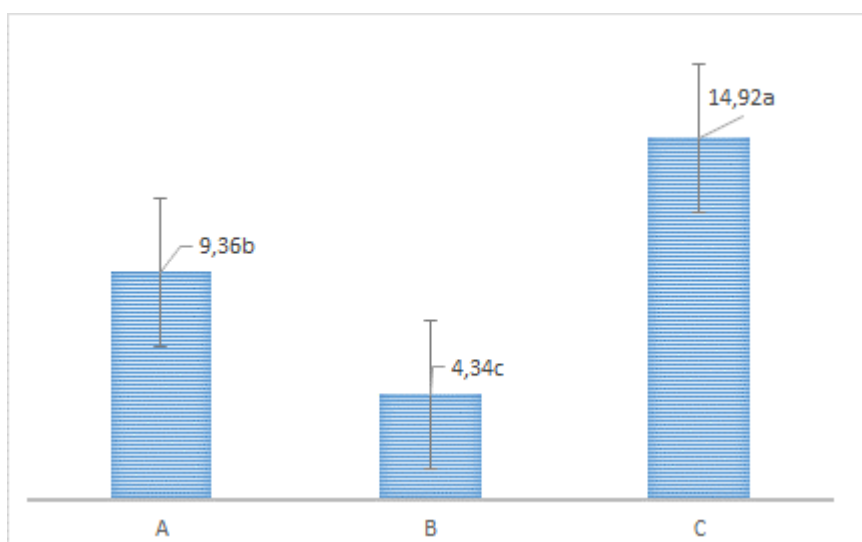


Figura 12. Valores obtidos para o teor de carboidratos totais (%) para as frutas umbu, acerola e ciriguela.

Os carboidratos são divididos em subclasses, cada subclasse corresponde às suas características químicas. Segundo Barros et al. (2019), há dois tipos de carboidratos, os carboidratos simples que são os monossacarídeos, e os carboidratos complexos, que são compostos por dois ou mais monossacarídeos ligados entre si. Dentre os carboidratos complexos, que são classificados como monossacarídeos, encontram-se principalmente a glicose, a frutose e a galactose.

Conclusão

Através do presente estudo, constatou-se que as frutas avaliadas apresentaram alto teor de água e de atividade de água, indicando baixa estabilidade durante o armazenamento.

Quando comparada com as demais frutas, a ciriguela apresentou maiores valores para os parâmetros de pH, teor de sólidos solúveis totais, carboidratos, *ratio*, lipídeos; e valores inferiores de teor de umidade, A_w e acidez total titulável. Com relação ao teor de proteínas não foi observada diferença significativa com o umbu, porém as amostras apresentaram-se superiores a acerola com

relação a este parâmetro. Porém ao avaliar o teor de ácido ascórbico nas amostras (Vitamina C), constatou-se que a acerola possuía valores superiores quando comparadas com a ciriguela e o umbu.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão das bolsas de mestrado e doutorado aos autores.

Referências

- ABREU, S. P. M.; PEIXOTO, J. R.; JUNQUEIRA, N. T. V.; SOUSA, M. A. Caracterização físico-química de genótipos de maracujazeiro-azedo cultivado no Distrito Federal. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.31, n.2, p.487-491, 2009.
- AROUCHA, E. M. 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.
- BARROS, S. L.; SANTOS, N. C.; ARAÚJO, T. J.; MELO, M. O. P.; NASCIMENTO, A. P. S. Physical-

- chemical characterization of gravidaleiro fruit (*Annonamuricata* L.). In: Congresso Internacional das Ciências Agrárias, 3, 2018, João Pessoa. Anais... João Pessoa-PB, 2018.
- BRASIL. Leis, Decretos, etc. Portaria nº 76 de 27-11-86 do Ministério da Agricultura. Diário Oficial, Brasília, Seção I, p.18152-18173. 1996. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/aceso-a-informacao/participacao-social/consultas-publicas/documentos/01_09-secao-1-portaria-76.pdf/view. Acesso em: 30/06/2019.
- BRASIL. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para análises de alimentos. 4º ed. 1º edição digital. São Paulo, 2008. 1020p.
- BRITO, C. A. K.; SIQUEIRA, P. B.; PIO, T. F.; BOLINI, H. M. A.; SATO, H. H. Caracterização físico-química, enzimática e aceitação sensorial de três cultivares de abacaxi. Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial, v.2, n.2, p.1-14, 2008.
- CARRINGTON, C.M.S.; KING, R.A.G. Fruit development and ripenig in Barbados cherry, *Malpighiae marginata* D.C. Scientia Horticulturae, v.92, n.1, p.1-7, 2002.
- CECCHI, H.M. Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2003. 207p.
- CHAVES, C. C.; FREITAS, A. K. N.; SOUSA, P. B.; SILVA, J. N.; COELHO, R. C. Physical-chemical analysis, phenolics and antioxidante of ciriguela pulp (*spondias purpurea* l.). Revista Higiene Alimentar, v.33, p.1224-1228, 2019.
- CHAVES, M. C. V.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; LEITE, J. C. A.; SILVA, F. L. H. Caracterização físico-química de suco de acerola. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v.4, n.2, 2004.
- ESTEVEN, M. I. F.; SOUZA, P. A.; MARACAJÁ, P. G.; BATISTA, E. M.; REGES, B. M. Physicochemical of acerola varieties in two stages of maturation. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.13, n.4, p.459-465, 2018.
- FOLCH, J.; LESS, M.; STANLEY, S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem., v.226, n.497, 1957.
- GAZOLA, M. B.; PEGORINI, D.; DE LIMA, V. A.; RONCATTI, R.; TEIXEIRA, S. D.; PEREIRA, E. A. Elaboração e caracterização de bebidas à base de extrato hidrossolúvel de soja com polpa de pitanga, amora e mirtilo. Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos, v.34, n.2, 2017.
- LORENZI, H.; SARTORI, S.; BACHER, LB.; LACERDA, M. Frutas brasileiras e exóticas cultivadas de consumo in natura. Instituto Plantarum de Estudos da Flora. São Paulo, 2006. 640p.
- MACIEL, C. E. P.; CAVALCANTE, G. C.; MACIEL, M. I. S.; BORGES, G. S. C.; DUTRA, R. L. T.; CONCEIÇÃO, M. M. Caracterização físico-química de polpas de goiaba e acerola para elaboração de doce cremoso diet. In: Congresso Brasileiro de Ciências e Tecnologia dos Alimentos, 25, 2016, Gramado. Anais...Gramado, 2016.
- MACIEL, M. I. S.; MELO, E. LIMA, V.; SOUZA, K. A.; SILVA, W. Caracterização físico-química de frutos de genótipos de aceroleira (*Malpighiae marginata* D.C.). Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.30, n.4, 2010.
- MORAIS, A. L. F. Propriedades antioxidantes de bebidas e chás preparados a partir de diferentes formulações. 89f. Dissertação (Mestrado em Controle de Qualidade). Faculdade de Farmácia. Universidade do Porto. Porto, 2011.
- OLIVEIRA, G. S. Aplicação do processo de liofilização na obtenção de cajá em pó: avaliação das características físicas, físico-químicas e higroscópicas. 83f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. Fortaleza, 2012.
- PIMENTEL JUNIOR, L. A.; DOMINGUES NETO, F. J.; SILVA, M. J. R.; TECCHIO, M. A. Production, quality and maturity grape 'syrah' in condition subtropical of Brazil. Brazilian Journal of Biosystems Engineering, v.13, n.1, p.72-79, 2019.
- SANTOS, B. A.; TEIXEIRA, F.; AMARAL, L. A.; RANDOLPHO, G. A.; KÉLIN SCHWARZ, K.; SANTOS, E. F.; RESENDE, J. T. V.; NOVELLO, D. Chemical and nutritional characterization of fruit pulp stored under freezing. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, v.17, n.1, p.1-13, 2019.
- SANTOS, C. A. A.; COELHO, A. F. S.; CARREIRO, S. C. Microbiological evaluation off rozen fruit pulps. Ciências e Tecnologia dos Alimentos, Campinas, v.28, n.4, p.913-915, 2008.
- SANTOS, E. F.; OLIVEIRA, J. D. S.; SILVA, I. C.; GALLO, C. M.; LEMOS, E. E. P.; RESENDE, L. P. Caracterização física e físico-química em frutos de murici (*Byrsonima crassifolia* (L.) Rich.) de ocorrência nos tabuleiros costeiros de alagoas. Ciências Agrícolas, v.16, n.3, p.11-20, 2018.
- SANTOS, J. A. S.; DANTAS, J. L. L.; SAMPAIO, C. V.; COELHO, Y. S.(Ed.). Fruticultura tropical: espécies regionais e exóticas. Brasília, DF:

Embrapa Informação Tecnológica. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009. 509p.

SANTOS, J. R.; BOÊNO, J. A. Muffins isentos de glúten e lactose desenvolvidos com resíduo de polpa de graviola (*Annonamuricata* L.). Revista de Agricultura Neotropical, v.3, n.3, p.42-51, 2016.

SANTOS, N. C.; ALMEIDA, R. L. J.; BARROS, S. L.; ARAÚJO, T. J.; MELO, M. O. P.; NASCIMENTO, A. P. S. Caracterização físico-química e compostos bioativos em polpas de frutas. In: Encontro Nacional da Agroindústria, 4, 2018, João Pessoa. Anais... João Pessoa, GALOÁ, 2018.

SILVA, A. K. N.; BECKMAN, J. C.; DA CRUZ RODRIGUES, A. M.; DA SILVA, L. H. M. Composição nutricional e capacidade antioxidante da polpa de açaí (*Euterpe oleracea* M.). Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial, v.11, n.1, p.2205-2216, 2017.

SILVA, M. B.; ARAÚJO, J. F.; GALVÃO E. R.; BATISTA, F. P. R. Produção e qualidade de acerola com biofertilizantes líquidos sob cultivo biodinâmico. Revista Ouricuri, v.2, n.2, p.125-137, 2012.

SILVA, M. I.; SILVA, G. R.; ALVES, J. E. A.; MARTINS, J. N. Caracterização físico-química da polpa de umbu in natura. In: Reunião Regional da SBPC no Cariri, 2017, Crato. Anais...Crato, 2017.

SILVA, Q. J.; FIGUEIREDO, F. J.; LIMA, V. L. A. G. Características físicas e químicas de cirigueiras cultivadas na Zona da Mata Norte de Pernambuco. Revista Ceres, v.63, n.3, p.285-290, 2016.

SILVA, V. M. A.; RIBEIRO, V. H. A.; SANTOS, N. C.; BARROS, S. L.; NASCIMENTO, A. P. S.; ALMEIDA, R. L. J. Caracterização físico-química de polpas de cupuaçu e graviola. In: Francisco et al. (Org.). Caderno de Ciência Pesquisa e Inovação. EPGRAF, Campina Grande-PB, v.2, n.1, p.87-96, 2019.

SILVA, V. M. A.; RIBEIRO, V. H. A.; SANTOS, N. C.; BARROS, S. L.; NASCIMENTO, A. P. S.; ALMEIDA, R. L. J. Obtenção e caracterização físico-química da farinha de beterraba em diferentes temperaturas. In: Francisco et al. (Org.). Caderno de Ciência Pesquisa e Inovação. EPGRAF, Campina Grande-PB, v.2, n.1, p.73-81, 2019.

SOUSA, F. C.; SILVA, L. M. M.; MOREIRA, I. S.; CASTRO, D. S.; PEREIRA, D. S. T.; ALVES, A. M. S. Comparative Study of Fruit Bioactivity of Spondias. International Journal of Advanced Engineering Research and Science, v.6, p.184-187, 2019.

TIBURSKI, J. H.; ROSENTHAL, A. DELIZA, R. GODOY, R. L. O. PACHECO, S. Nutritional properties of yellow mombin (*Spondias mombin* L.) pulp. Food Research International, v.44, p.2326- 2331, 2011.

Capítulo 7

CRESCIMENTO DA ESPÉCIE FAVELA (*Cnidoscopus quercifolius* Pohl) EM CO-PRODUTO DE VERMICULITA COM FERTILIZAÇÃO

Talytta Menezes Ramos¹
Jordânia Xavier de Medeiros²
Maria José de Holanda Leite³
Edjane Oliveira de Lucena⁴
Girlânio Holanda da Silva⁵
Marllus Adiel Carneiro Pimenta⁶
Rivaldo Vital dos Santos⁷

¹Ms., UFCG, Patos-PB, talyttaengflorest@hotmail.com

²Dra., UFRPE, Recife-PE, jordaniamedeiros@hotmail.com

³Dra. Profa. UFAL, Rio Largo-AL, maryholanda@gmail.com

⁴Doutoranda, UFPB, Areia -PB, edjanelucenaengflo@gmail.com

⁵Dr., UNESP, Botucatu-SP, girlanio_holanda@hotmail.com

⁶Ms. Prof. FAI, Irecê-BA, marlluspimenta@hotmail.com

⁷Dr. Prof. UFCG, Sumé-PB, rvital@cstr.ufcg.edu.br

Introdução

O termo mineração compreende atividades e processos industriais da qual o seu objetivo é a extração de substâncias minerais a partir de massas minerais ou depósitos. A mineração se torna uma atividade industrial importante e indispensável, pois tem causado um grande avanço devido a sua busca com o passar dos tempos. Todos os materiais que usamos ou até mesmo usufruirmos a cada dia, todos eles vêm da atividade de mineração, ou seja, sem esta prática atualmente nossa civilização a tal como a conhecemos não existiria (SILVA, 2007).

No Brasil, a atividade de mineração é bem diversificada e abrange uma vasta produção de substâncias minerais, sendo assim um grande exportador e importador desses recursos. Na região semiárida paraibana, a busca por minerais é bastante praticada, sendo uma atividade econômica importante para a região, tanto para o mercado como na geração de empregos (PEREZ, 2001). Apesar da importância desta prática, por outro lado, causa impactos ambientais muitas vezes irreversíveis, onde essas áreas exploradas são abandonadas sem que haja recuperação (ALENCAR et al., 2015).

A vermiculita é um minério de suma importância e bastante utilizada em diversas áreas como, construção civil, indústria e agricultura. O problema da degradação deste minério extraído pela mineradora Pedra Lavrada no município de Santa Luzia-PB tem sido motivo de estudo no semiárido paraibano, pois além da grande remoção de solo, outro

problema é o descarte inadequado de co-produtos (rejeitos) em área de Caatinga, causando imenso impacto visual nesses locais (SILVA & VALDIVIEZO, 2009; ALENCAR et al., 2015). Por outro lado, o aproveitamento do co-produto de vermiculita pode ser uma forma para minimizar o impacto ambiental causado por este minério e ao mesmo tempo ajudaria a minimizar a degradação causada pela busca de solo para uso em viveiro, podendo assim também diminuir os custos de produção de mudas.

A favela ou faveleira (*Cnidoscopus quercifolius* Pohl.) é uma árvore nativa do nordeste do Brasil, e vem causando estudos por ser uma espécie que apresenta potencial forrageiro para o semiárido. Suas sementes têm um grande valor como fonte de óleo alimentício e na produção de farinha as quais são ricas em proteínas e sais minerais (LORENZI, 2009; CANDEIA, 2005).

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o crescimento inicial da faveleira cultivada em substrato de vermiculita associado à adubação orgânica (esterco bovino) e química (adubação fosfatada).

Material e Métodos

Localização do experimento

O experimento foi conduzido no Viveiro Florestal, em casa de vegetação da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal pertencente ao Centro de Saúde e Tecnologia Rural da Universidade Federal de Campina Grande

(UAEF/CSTR/UFCG), Campus de Patos (Figura 1). A área se encontra nas coordenadas geográficas: latitude 7° 13'08"S, longitude 35° 54'05" N e altitude 250 metros, localizada na região semiárida do Estado da Paraíba.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região se enquadra no tipo Bsh, semiárido, com médias térmicas anuais superiores a 25°C e pluviosidade média anual inferior a 1.000 mm/ano, com chuvas irregulares (SOUTO, 2006).



Figura 2. Casa de vegetação com ambiente telado (sombrite 50%) para a condução do experimento.

Coleta do co-produto

Para a coleta do co-produto de vermiculita foi selecionado o tipo ultrafino, adquirido na mineradora Pedra Lavrada (MPL) no semiárido paraibano (Figura 2), situada no

município de Santa Luzia – PB. O perímetro da mineradora encontra-se tomado pelo co-produto, no qual existe áreas de regeneração de algumas espécies do Bioma Caatinga.



Figura 3. Mineradora Pedra Lavrada, situada no município de Santa Luzia - PB.



Figura 4. Área de regeneração natural de Jurema Preta degradada pelo co-produto.

Análise Química do co-produto

Foi destinado ao laboratório de Solos e Água (LASAG), amostras do co-produto para as análises dos atributos químicos: pH, Ca, Mg, K,

Na, P, Al, H+Al, a partir dos quais foram calculados a soma de bases, CTC e saturação por bases (V). Os resultados das análises químicas do co-produto encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos químicos do co-produto da vermiculita

Co-produto	pH	P	Ca	Mg	K	Na	H+Al	CTC	CE	V
	CaCl ₂ 0,01M	mgkg ⁻¹	----- cmoldm ⁻³ -----			dSm ⁻¹				%
RV	6,7	45,7	2,8	2,8	0,2	2,39	0,35	17,3	28,3	97,1

Legenda: **pH= Potencial hidrogeniônico, P= Fósforo, Ca= Cálcio, Mg= Magnésio, K= Potássio, Na= Sódio, H+Al= Acidez Potencial; CTC= Capacidade de Troca de Cátions; CE= Condutividade Elétrica; V= Saturação por Bases.

Tratamentos

Os tratamentos foram constituídos de 5 doses crescentes de esterco bovino (0-10-20-30-40%) por tratamento, 4 doses de fósforo (0, 100, 200 e 300) descrito na Tabela 2, com 4 repetições cada tratamento totalizando em 80 vasos (Tabela 2) com capacidade de 5 litros cada. Como fonte de fósforo foi utilizado o adubo super fosfato simples e para auxílio no crescimento e desenvolvimento das mudas, utilizou-se 3 aplicações de adubação básica de Potássio (Cloreto de Potássio KCL) nas dosagens de K 50 mg.Kg⁻¹ = 0,3 g/vaso e K 100

mg.Kg⁻¹ = 0,9 g/vaso. Segundo Crowder e Cheda (1982), após o nitrogênio, o potássio é o nutriente que as plantas mais exigem em maior proporção. Sua ação no crescimento das espécies muda com a necessidade do nutriente para o desenvolvimento da planta e a agilidade em retirá-lo do solo e da fertilização fosfatada.

Para comparação dos tratamentos foi acrescentado 1 tratamento adicional (testemunha absoluta) com 4 repetições, no qual foi utilizado o substrato convencional (solo:esterco, 2:1) (Tabela 3).

Tabela 2. Doses de Fósforo (P) em mg.Kg⁻¹ e g/vaso

Doses de P (mg.kg ⁻¹)	Doses de P (g/vaso)
0	0
100	5,73
200	11,45
300	17,18

Legenda: *P= Fósforo.

Tabela 3. Variância

FV	GL
EB	4
P	3
EB x P	12
TAD	1
Tratamentos	20
Resíduo	63
Total	83

Legenda: *FV= Fonte de Variação; GL= Graus de Liberdade; EB= Esterco Bovino; P= Fósforo; EB x P= Interação entre Esterco Bovino e Fósforo; TAD= Tratamento Adicional.

Instalação e condução do experimento

Os vasos foram distribuídos em ambiente com telado sombrite 50%, nos quais foram designados os seus tratamentos. Foi utilizado esterco bovino como fonte de matéria orgânica, devidamente peneirado, e para as porcentagens de esterco bovino nos vasos, foi usado uma medida feita com garrafa PET, em exatamente 1L. Posteriormente os co-produtos e as doses de esterco bovino foram homogeneizados. Em seguida foram aplicadas as dosagens de super fosfato simples em cada tratamento.

As sementes de *Cnidoscolus quercifolius* foram coletadas no campus da UFCG em 2012 em Patos-PB. Logo depois foram desinfetadas com hipoclorito de sódio a 0,5% (m/v) por 10 min, seguida de 3 lavagens para se retirar o excesso do hipoclorito, após foram escarificadas na região oposta à carúncula, e colocadas 5 sementes por vaso para germinar nos diferentes tratamentos. O desbaste foi realizado 15 dias após a emergência de plântulas, deixando uma planta por vaso, após foi aplicado a adubação básica de Potássio (KCL).



Figura 5. Disposição do experimento em casa de vegetação.

Variáveis analisadas

Foram avaliadas a cada 15 dias o número de folhas e, o comprimento das plantas com auxílio de uma régua graduada (cm), e o diâmetro do coleto através de paquímetro digital (mm). No final do experimento foram coletadas 1 folha de cada planta na porção mediana, para a determinação da área foliar, no qual foi usado o programa ImageJ (SCHNEIDER et al., 2012). Em seguida o material vegetal da parte aérea e raízes foram coletados e acondicionados em sacos de papel, separando-se o caule da raiz. Após isto, foi pesado o material fresco e depois colocado em estufa com circulação forçada a 70 °C durante 72 horas para a determinação da massa seca do material vegetal.

Análise estatística

Para as doses de Matéria orgânica (esterco) e Fósforo (superfosfato simples), foi aplicado o Teste de Regressão Polinomial grau 2 a 5% de significância, e para o tratamento adicional (testemunha), aplicou-se o teste Tukey a 5% de probabilidade para comparação entre médias dos tratamentos com esterco bovino e a testemunha absoluta.

Resultados e Discussão

Efeito das doses de Esterco Bovino em mudas de faveleira

Número de folhas

Através da análise estatística, observa-se que as médias do número de folhas são de 8,6 e 41,3, na qual se mostraram estatisticamente diferentes ao longo tempo sobre as doses de adubação orgânica em mudas de faveleira (Tabela 4).

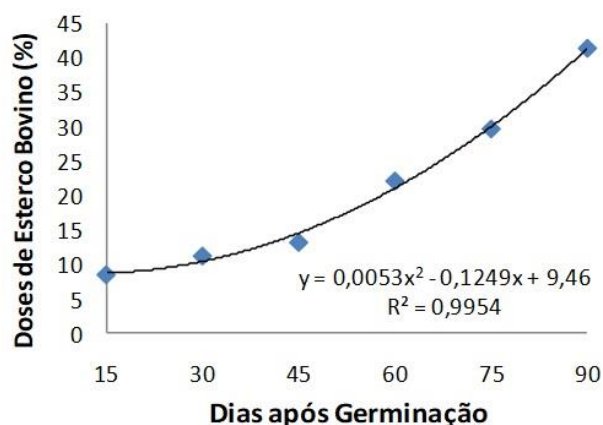


Figura 6. Efeito das doses de esterco bovino (%) sobre o número de folhas em mudas de faveleira.

Diâmetro e altura

De acordo com a análise de regressão polinomial, o efeito das doses crescentes de adubação orgânica apresentam resultados significativos no diâmetro e altura (Figura 6) de plantas de faveleira, apresentando

comportamento linear crescente e significativo. Consta-se que as plantas provenientes dos últimos dias após germinação atingem, em média 4,7 e 8,8 mm, e variações na altura de 5,6 e 39,6 cm.

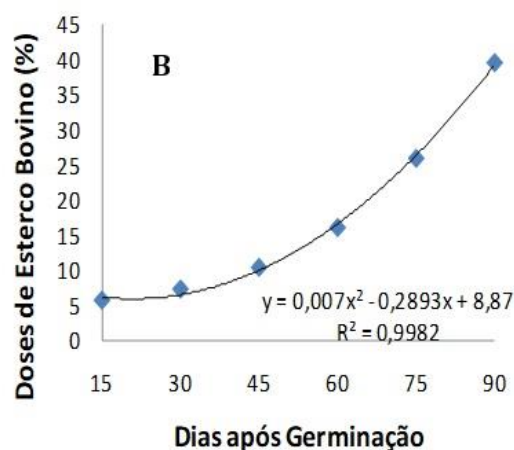
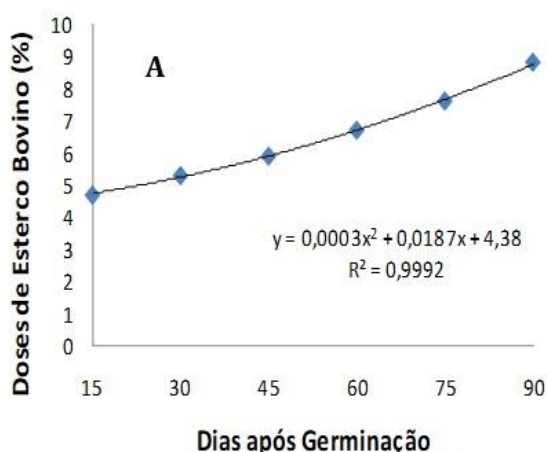


Figura 7. Efeito das doses de Esterco Bovino (%) sobre o diâmetro (A) e altura (B) em mudas de faveleira.

Efeito comparativo dos diferentes tratamentos com o tratamento adicional em mudas de faveleira

Número de folhas

Em relação às variações dos diferentes tratamentos frente ao tratamento adicional (substrato convencional), percebe-se que para o número de folhas o tratamento que obtém o menor média é o de EB0 P0 (esterco bovino = 0 e P = 0) com apenas com 9 folhas, já para o tratamento EB40 P0, é o melhor resultado em relação aos outros (Figura 7), com 76 folhas. No

entanto, o substrato convencional obteve uma média de 24 folhas, o qual mostra-se inferior em uma taxa de cerca de 316% em relação ao tratamento EB40 P0. Dessa forma, o tratamento que obtém melhor resultado pode ser indicado para o acréscimo de número de folhas em mudas de faveleira. De acordo com Gomide e Gomide (2000), para o crescimento vegetal é importante o processo de formação e desenvolvimento de folhas, devido ao ponto inicial de formação de tecidos e seu papel na fotossíntese.

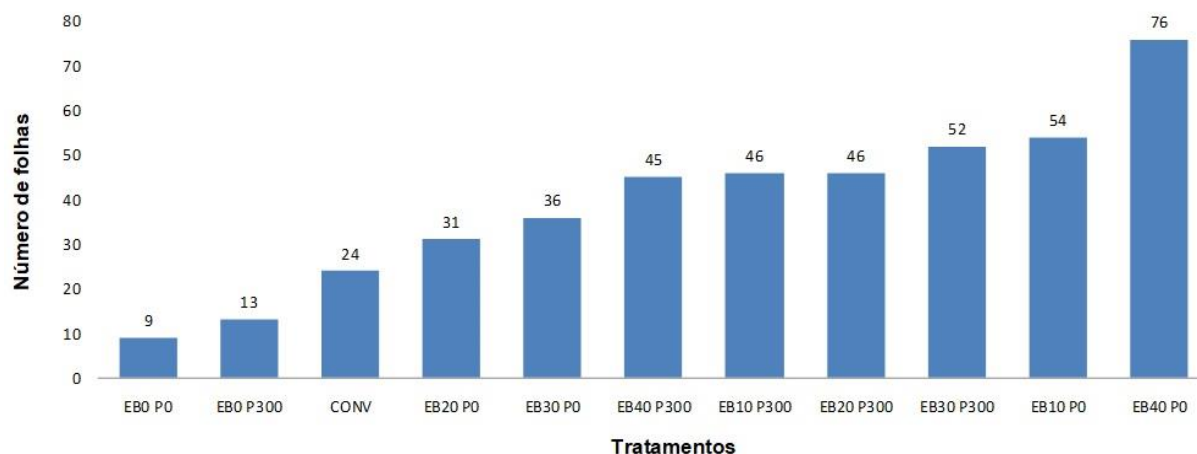


Figura 8. Acréscimo do número de folhas em diferentes tratamentos em mudas de faveira.

Altura

A altura está intimamente ligada com algumas variáveis importantes como a área foliar e biomassa da planta, no entanto os efeitos dos diferentes tratamentos em relação ao substrato convencional, o valor inferior está no tratamento EBO P0, no qual não apresenta

um crescimento favorável. Contudo, os valores citados no histograma da (Figura 8) apresentam baixa variação em suas médias, exceto quando os valores são comparados entre aqueles que possuem 40% de esterco bovino e aqueles em ausência.

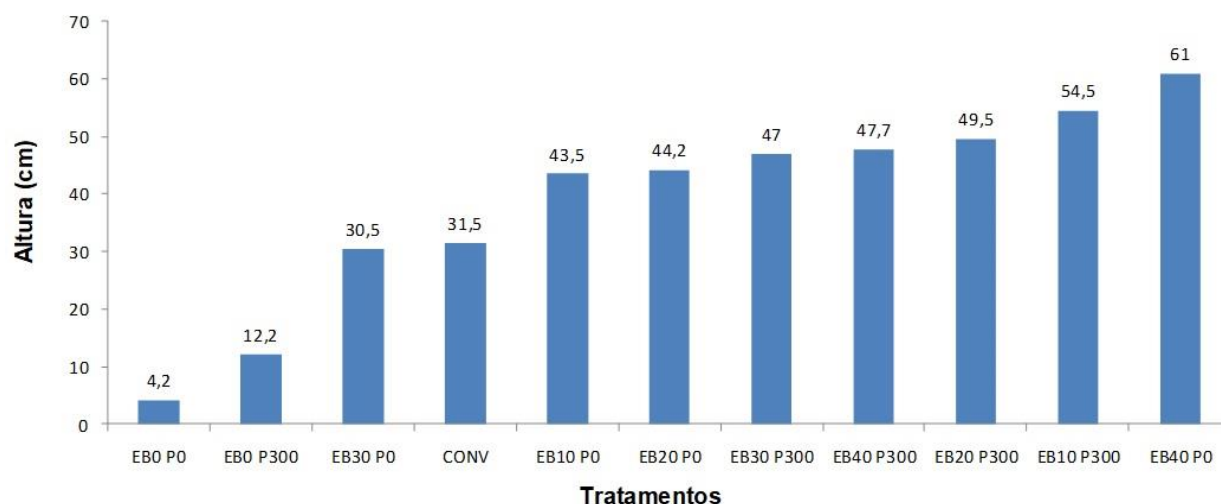


Figura 9. Acréscimo altura nos tratamentos em mudas de faveira.

Efeito das diferentes doses de super fosfato simples

De maneira geral, os resultados da análise de regressão mostram haver diferenças significativas entre as doses de matéria orgânica, como também para as interações de Eb x P, de forma que foi verificado efeito quadrático positivo para todas as variáveis estudadas, exceto para MFR, MSR e MSPA que obtiveram efeito linear significativo.

De acordo com Taiz e Zieger (2004), quando substâncias exógenas reguladoras de crescimento são adicionadas ao meio, há uma reação fisiológica por parte da planta, que é

observada por estímulo ou por inibição de seu desenvolvimento. No presente estudo, é observado através da análise de variância haver diferenças significativas para todas as variáveis quando aplicado as doses de P, exceto para NF e diâmetro (Tabela 4). Dessa forma, a espécie é influenciada pela adubação P em sua fase inicial de desenvolvimento.

Por outro lado, outros resultados confirmam o baixo potencial de respostas nutricionais de algumas espécies à adição desses nutrientes P nessa fase de crescimento (TUCCI et al., 2011).

Tabela 4. Efeito das doses de fósforo nas variáveis analisadas em mudas de faveleira

P	NF	Diam	H	AF	MFPA	MFR	MSPA	MSR
mg/kg	Unid	mm	cm	cm ²	g	g	g	g
0	41,1	8,9	39,5	27,8	42,9	52,7	10,3	8
100	35,6	8,5	35	28,7	37,4	44,9	8,3	8,2
200	43,9	9	43,3	25,7	58	56,9	11,9	9,9
300	40,5	9,1	42,2	33,4	46,8	61,6	10,6	9,8

Legenda: *P= Fósforo; NF= Número de Folhas; H= Altura; AF= Área Foliar; MFPA= Massa Fresca Parte Aérea; MFR= Massa Fresca Raiz; MSPA= Massa Seca Parte Aérea; MSR= Massa Seca Raiz.

Desenvolvimento inicial de mudas de faveleira em diferentes doses de esterco bovino

Diâmetro e altura

O diâmetro mostra variações de 5,7 a 11,2mm de diâmetro/planta, os maiores valores são encontrados nas doses de 10 e 40% de matéria orgânica, sendo obtida uma média de 11,2 mm de diâmetro/planta na dose de 40% (Figura 9A).

Com relação à altura, pode-se observar que a dose 0% de matéria orgânica é o substrato que proporciona menor desenvolvimento em altura, e que foi obtida uma média de 7,41 cm,

contudo, o tratamento com 40% de matéria orgânica é o que condiciona maior crescimento em altura dentre todos os tratamentos (Figura 9B).

Dessa forma, pode-se inferir que, para a espécie em estudo, a altura é influenciada pelos níveis de matéria orgânica bovina.

A altura das mudas e diâmetro do colo são parâmetros importantes, os quais não devem ser avaliados isoladamente para diagnosticar a qualidade das mudas (GOMES & PAIVA, 2004).

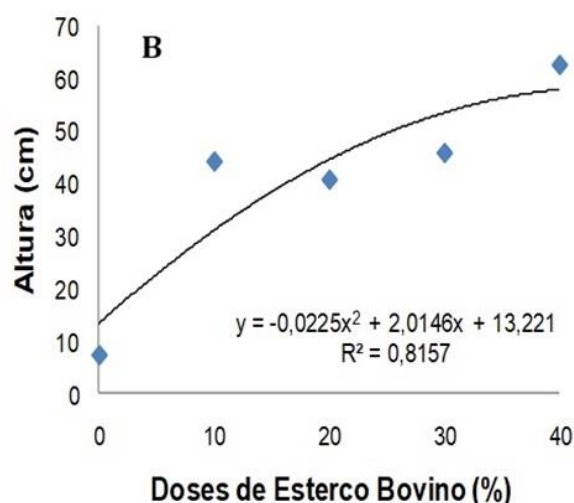
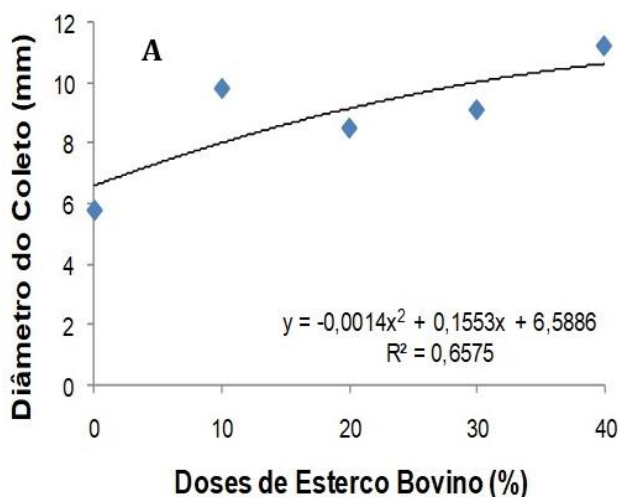


Figura 10. Efeito das doses de esterco bovino sobre o diâmetro e altura em mudas de faveleira.

Área foliar e número de folhas

Os resultados da análise de regressão quadrática positiva demonstram que, o efeito da aplicação do fertilizante fosfatado é significativo na variável aérea foliar. A análise de regressão da matéria orgânica demonstra haver diferenças significativas entre as doses, uma variação de 6,8 a 36,9 cm² de área foliar por planta, os maiores valores são observados nas doses de 30% de matéria orgânica, com média

obtida de 36,9 cm² de área foliar por planta (Figura 10A).

Pode ser observado no gráfico da Figura 9 que, o número de folhas da espécie favela é incrementado pela adição de matéria orgânica, em que o coeficiente de determinação é de 78,13%. O tratamento que apresenta os valores superiores são aqueles que foram aplicados doses de matéria orgânica a 40%, contudo, para a dose de 0% de MO, observa-se um baixo desenvolvimento nas mudas.

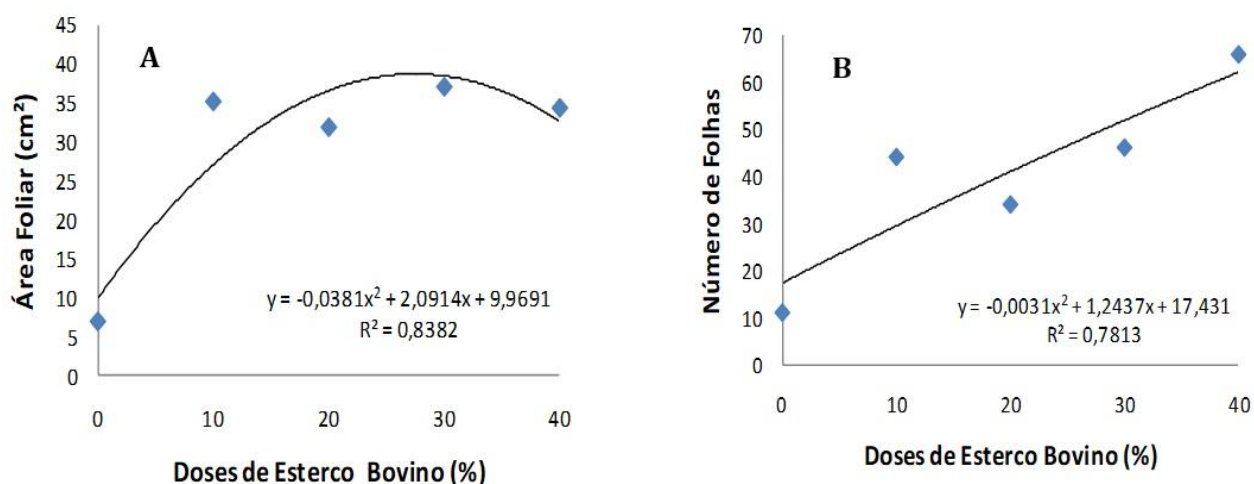


Figura 11. Efeito das doses de Esterco Bovino sobre a área foliar e número de folhas em mudas de faveleira.

Os resultados obtidos demonstram que, existe uma relação direta entre o acréscimo do substrato utilizado e o número de folhas no desenvolvimento e formação das mudas.

Porém outros trabalhos diferem dos obtidos neste trabalho como, Pimentel e Guerra (2011) que após testarem o efeito do esterco no número de folhas em mudas de cumaru (*Amburana cearensis*) observaram que, o número de folhas não foi afetado pelo uso da matéria orgânica.

Massa seca de parte aérea

Verifica-se que há diferenças significativas entre os efeitos dos substratos para a produção de massa seca da parte aérea e raiz (Figuras 11A). Os valores das médias variam de 2 a 18 g/planta nas doses de matéria orgânica, os quais se mostram como os melhores resultados 30 e 40%. O peso da matéria seca da parte aérea na ausência de matéria orgânica varia de 0,5 g a 4,4 g. Assim, pode-se afirmar que as mudas de faveleira respondem de forma positiva a incorporação de matéria orgânica no composto utilizado.

Resultados semelhantes também foram observados por Cunha et al. (2005), ao estudarem mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*), obtendo respostas positivas no

peso de matéria seca de parte aérea quando adicionado matéria orgânica ao substrato. Duarte e Nunes (2012) verificaram aumento de massa seca de parte aérea em mudas de mororó (*Bauhinia forficata*) ao incluírem composto orgânico ao substrato.

Massa seca da raiz

A massa seca de raiz foi incrementada pela adição de matéria orgânica, sofrendo variações similares àquelas observadas na massa seca de parte aérea (Figura 11B). A análise de regressão da matéria orgânica mostra diferença significativa entre as doses aplicadas, e uma variação de 2,7 a 14,5 g de matéria seca de raiz por planta, os maiores valores são observados nas doses de 40% de matéria orgânica, sendo obtida uma média de 14,5 g/planta seguido do tratamento com 10% de matéria orgânica.

Trazzi et al. (2012) obtiveram resultados semelhantes em mudas de *Murraya paniculata*, em que verificaram aumento da massa seca de raiz ao adicionar esterco bovino ao composto. De semelhante modo Grutka et al. (2012) observaram em mudas de acoita-cavalo (*Luehea divaricata*), resultados superiores na massa seca em composto com 25% de esterco bovino.

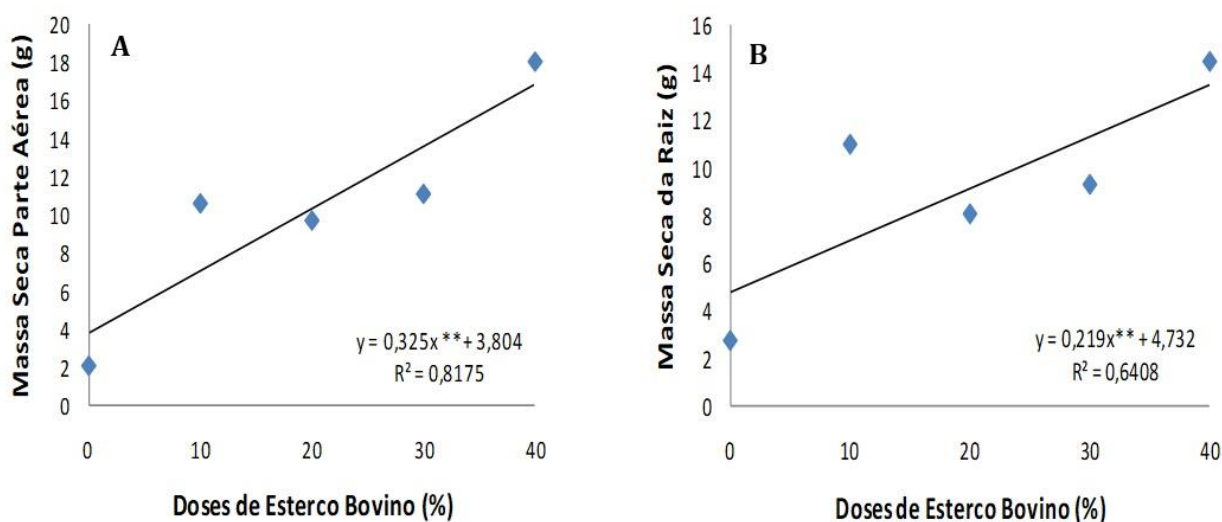


Figura 12. Efeito das doses de Esterco Bovino sobre a massa seca da parte aérea e raiz em mudas de Faveleira.

Massa fresca de parte aérea e raiz

A massa fresca de raiz (Figura 12B) foi incrementada pela adição de matéria orgânica, sofrendo variações similares às aquelas observadas na massa fresca da parte aérea (Figura 12A). A análise de regressão da matéria orgânica mostra diferença significativa entre as doses aplicadas, uma variação de 3,6 a 78,7 g de massa fresca de parte aérea por planta, os maiores valores são observados nas doses de 40% de matéria orgânica, sendo obtida uma média de 78,7 g/planta seguido do tratamento com 30% de matéria orgânica.

Trazzi et al. (2012) obtiveram resultados semelhantes em mudas de *Murraya paniculata*, em que verificaram aumento da massa seca de raiz ao adicionar esterco bovino ao composto. De semelhante modo, Grutka et al. (2012) observaram em mudas de açoita-cavalo (*Luehea divaricata*) resultados superiores na massa seca em composto com 25% de esterco bovino.

Verifica-se que há diferenças significativas entre os efeitos dos substratos para a produção de massa fresca da raiz (Figura 12B). Os valores das médias variam de 3,6 a 89,9 g/planta nas doses de 40% de matéria orgânica, os quais se mostram-se como os melhores resultados. O peso da matéria fresca da parte aérea na ausência de matéria orgânica varia de 5,11 g a 48,6 g. Assim, pode-se afirmar que, as mudas de faveleira respondem de forma positiva a incorporação de matéria orgânica no composto utilizado.

Resultados semelhantes também foram observados por Cunha et al. (2005), ao estudarem mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*), obtendo respostas positivas no peso de matéria seca de parte aérea quando adicionado matéria orgânica ao substrato. Duarte e Nunes (2012) verificaram aumento de massa seca de parte aérea em mudas de mororó (*Bauhinia forficata*) ao incluírem composto orgânico ao substrato.

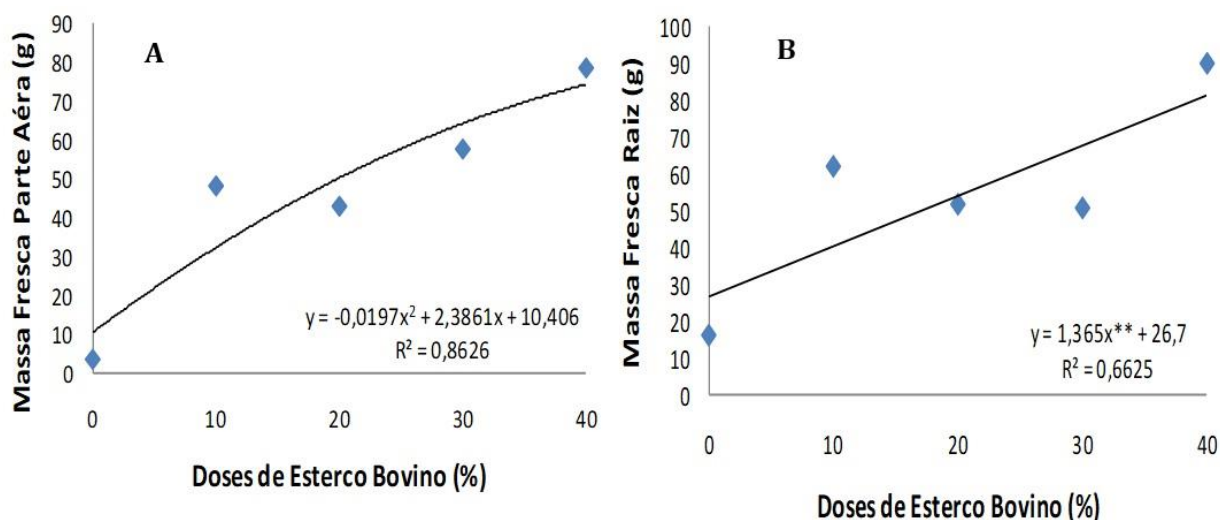


Figura 13. Efeito das doses de Esterco Bovino sobre a massa fresca e massa verde em mudas de faveleira.

Conclusão

A adubação química com fósforo promoveu o desenvolvimento significativo em mudas de Faveleira em sua fase inicial.

A aplicação de 40% de esterco bovino associado ao co-produto de mineração da vermiculita, mostrou-se eficaz para promover melhoria na qualidade em mudas de faveleira.

Referências

ALENCAR, A. C. A. B.; COSTA, T. P. G. D.; ALVES, C. S.; LINHARES, F. M. Diagnóstico espaço-temporal das áreas impactadas pela MPL-Mineração Pedra Lavrada (Santa Luzia-PB), na extração de vermiculita. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v.2, n.2, p.25-36, 2015.

CANDEIA, B. L. Faveleira (*Cnidocolus phyllacanthus* (Mart.) Pax et K. Hoffm.) Inerme: Obtenção de mudas e crescimento comparado ao fenótipo com espinhos. 47f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Centro de Saúde e Tecnologia Rural. Universidade Federal de Campina Grande. Patos, 2005.

CROWDER, L. V.; CHHEDA, H. R. Tropical grassland husbandry. New York. Longman, 1982. 562p. Disponível em: <http://www.amazon.com/Tropical-Grassland-Husbandry-Agriculture-Series/dp/0582466776#reader_0582466776>. Acesso em: 30 de agosto de 2013.

CUNHA, A. O.; DE ANDRADE, L. A.; BRUNO, R. D. L. A.; DA SILVA, J. A. L.; SOUZA, V. C. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex DC) Standl. *Revista Árvore*, v.29, n.4, p.507-516, 2005.

DUARTE, D. M.; NUNES, U. R. Crescimento inicial de mudas de *Bauhinia forficata* Link em diferentes substratos. *Cerne*, v.18, n.2, p.327-334, 2012.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. Viveiros florestais: propagação sexuada. 3.ed. Viçosa: UFV, 2004. 116p.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A. Morfogênese de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, n.2, p.341-348, 2000.

GRUTKA, T.; FRIGO, M.; FRIGO, E.; TESSARO, D. Efeito de Diferentes Proporções de Adubação Orgânica Sob o Desenvolvimento de Mudas de Açoita-Cavalo (*Luehea divaricata*). *Engenharia Ambiental Pesquisa e Tecnologia*, v.9, n.1, 2012.

LORENZI, H. Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. v. 2, 3. ed. Nova Odessa, SP: Instituto Platarum, 2009. 384p.

PEREZ, B. C. As rochas e os minerais industriais como elemento de desenvolvimento sustentável. Série Rochas e Minerais Industriais; 3. Centro de Tecnologia Mineral, 37p. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001.

PIMENTEL, J. V. F.; GUERRA, H. O. C. Irrigação, matéria orgânica e cobertura morta na produção de mudas de cumaru (*Amburana cearensis*). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.9, p.1-7, 2011.

SCHNEIDER, C. A.; RASBAND, W. S.; ELICEIRI, K. W. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature Methods*, v.9, n.7, p.671, 2012.

SILVA, J. P. S. Impactos ambientais causados por mineração. *Revista Espaço da Sophia*, n.8, 2007.

SOUTO, P. C. Acumulação e decomposição da serrapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de Caatinga na Paraíba, Brasil.

150f. Tese (Doutorado em Agronomia). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia do estresse. Fisiologia vegetal, v.4, p.738-772, 2004.

TRAZZI, P. A.; CALDEIRA, M. V.; COLOMBI, R.; GONÇALVES, E. O. Qualidade de mudas de

Murraya paniculata produzidas em diferentes substratos. Floresta, v.42, n.3, p.621-630, 2012.

TUCCI, C. A. F.; SANTOS, J. Z. L.; DA SILVA JÚNIOR, C. H.; DE SOUZA, P. A.; BATISTA, I. M. P.; VENTURIN, N. Desenvolvimento de mudas de *Swietenia macrophylla* em resposta a nitrogênio, fósforo e potássio. Floresta, v.41, n.3, 2011.

Capítulo 8

ANÁLISE MULTICRITÉRIO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL POTENCIAL DE UM MUNICÍPIO DO ALTO RIO JEQUITINHONHA, MINAS GERAIS

Luciano Cavalcante de Jesus França¹

Eduarda Soares Menezes²

Fabrina Teixeira Ferraz³

Anny Francielly Ataíde Gonçalves⁴

Lorena Oliveira Barbosa⁵

Isáira Leite e Lopes⁶

Bruna Cristina Almeida⁷

Fausto Weimar Acerbi Júnior⁸

Danielle Piuzana Mucida⁹

^{1, 3, 4, 5, 6, 7, 8}Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, UFLA. Lavras, Minas Gerais. Laboratório de Estudos e Projetos em Manejo Florestal, lucianojesus@florestal.eng.br; fabrina.ferraz@hotmail.com; annyfrancielly@gmail.com; lorena.obarbosa@gmail.com; isairalopes_moc@hotmail.com; fausto@ufla.br

^{2, 9}Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, UFVJM. Diamantina, Minas Gerais, danielle.piuzana@ufvjm.edu.br; eduarda_menezs@hotmail.com

Introdução

As práticas antrópicas em ecossistemas naturais têm sido motivo de preocupação ambiental cada vez mais discutido nos acordos e conferências internacionais. Tal fato tem levado ao aumento de pesquisas na avaliação de fatores degradativos e modelagem de cenários, uma vez que mais da metade dos solos agrícolas no âmbito global estão degradados (UNCCD, 2014; TESFAHUNENG, 2019).

Parte dessas degradações, no entanto, ocorrem em decorrência do uso e manejo inapropriados do solo, desconsiderando-se muitas vezes a aptidão de uso. A aplicação descontrolada de agrotóxicos, supressão de vegetação nativa para expansão agropecuária, revolvimento constante de solo consistem em alguns dos fatores responsáveis pela degradação de ecossistemas naturais, processos erosivos, salinização, inundações e deslizamentos de terra (CORTE et al., 2015).

Diante do avanço da exploração dos recursos naturais e do desenvolvimento tecnológico, científico e econômico da sociedade, a adoção de mecanismos de planejamento ambiental e territorial tem se mostrado importante e necessária. Entre tais mecanismos, destaca-se como uma das primeiras ferramentas de gestão, o zoneamento ambiental (SANTOS & RANIERI, 2013), que é caracterizado por abordar potencialidades de recursos naturais a partir de levantamentos de solo, relevo, clima, fauna e flora, por exemplo. Nesse contexto, Ross (1994), apresenta uma

vertente de pesquisa que visa a análise de fragilidade dos ambientes naturais e antropizados, com finalidades de fornecer melhores respostas e direcionamentos acerca do planejamento e ordenamento territorial e do manejo de recursos naturais na paisagem geográfica.

A proposta metodológica de Ross (1994) trata da análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais (Fragilidade Potencial) e antropizados (Fragilidade Emergente). A metodologia para determinação da fragilidade com base na classe de declividade é a mais utilizada no meio científico, considerando-se que o declive do terreno é um importante fator que condiciona processos erosivos no solo (ROSS, 1994). Todavia, outros estudos têm sido realizados com adaptações e novas variáveis, visando-se obter resultados mais realísticos e mais pautados nas práticas de tomada de decisões (SPORL & ROSS, 2004; SANTOS & SOBREIRA, 2008; MANGANHOTTO et al., 2010; SANTOS et al., 2010; MASSA & ROSS, 2012; JUNIOR et al., 2014; SCHIAVO et al., 2016; FRANÇA et al., 2019).

A partir da definição de diferentes níveis de fragilidade ambiental de determinada região ou entre diversas áreas, é possível construir um mapa de zoneamento mais completo, no sentido de indicar funções ambientais, seja para destinação à produção, seja para conservação ou preservação em ecossistemas naturais (ROSS, 2012).

A análise multicritério é utilizada em diversas áreas como ferramenta para solução de

problemas de decisão por meio de diferentes abordagens para auxiliar pessoas e grupos a gerenciar de forma mais eficaz suas escolhas (THOKALA et al., 2016). Na conservação de ecossistemas pode ser utilizada para seleção de áreas de conservação (LOPES et al., 2016; PINTO et al., 2014) ou para áreas de recuperação ambiental (SILVA et al., 2018; FRANCISCO et al., 2008).

Este estudo, portanto, hipotetiza que a análise multicritério em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), alinhada com uma abordagem de Processo Analítico Hierárquico (AHP), ao integrarem os elementos naturais do ambiente, definem o panorama de Fragilidade Ambiental Potencial (FAP) de uma região de estudo.

Desta forma, objetiva-se caracterizar por meio de análise multicritério em ambiente

SIG a fragilidade ambiental potencial do município de Couto de Magalhães de Minas, Alto Rio Jequitinhonha, Minas Gerais, Brasil.

Material e Métodos

Caracterização da área de estudo

A área de estudo correspondeu ao município de Couto de Magalhães de Minas, no Alto Jequitinhonha (Figura 1), Minas Gerais. Sua sede municipal encontra-se a 726 m de altitude (CPRM, 2004), localizada nas coordenadas geográficas 18,07°S de latitude e 43,47°W de longitude (PNUD, 2000). Apresenta área total de 483 km² e encontra-se contida nas folhas topográficas de Diamantina (SE-23-Z-A-III), Rio Vermelho (SE-23-Z-B-I), Curimataí (SE-23-X-CVI) e Carbonita (SE-23-D-IV).

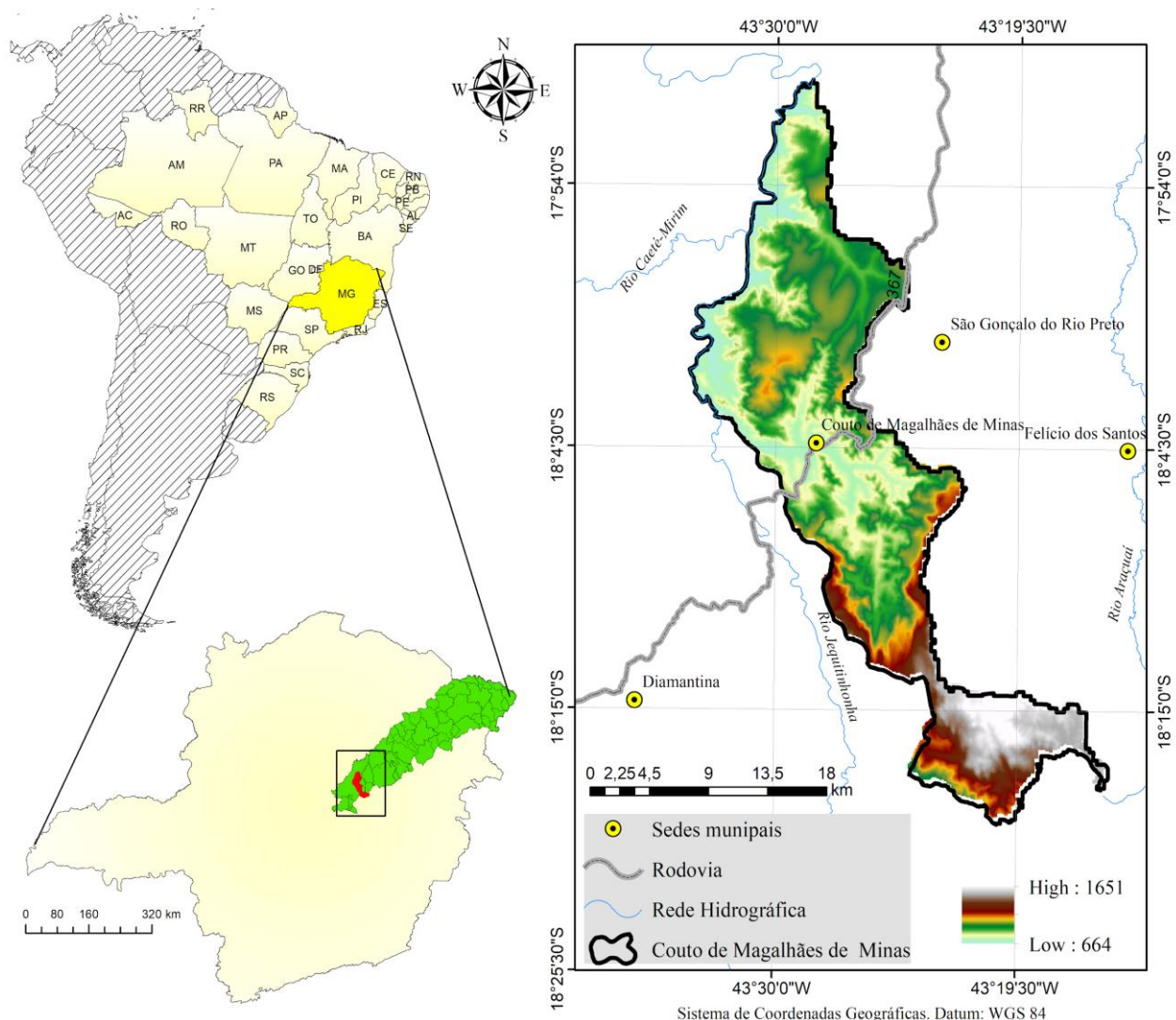


Figura 1. Localização da área de estudo no contexto de Minas Gerais e do Vale do Jequitinhonha, com respectiva altimetria do relevo.

Em relação ao clima, a mesorregião do Alto Jequitinhonha, no contexto da área de

estudo, apresenta características climáticas que variam do semiárido ao úmido, apresentando

totais pluviométricos anuais entre 600 a mais de 1.600mm, concentrados em seis meses do ano (de outubro a março). A temperatura média anual apresenta pequena variação, situando-se na faixa de 21 a 24°C (FERREIRA & SILVA, 2012). A hidrografia é compreendida pelos rios Jequitinhonha e ribeirão Manso. Uma grande parte do município, especialmente na porção sul, situa-se no contexto da Serra do Espinhaço (CPRM, 2004).

Na região de estudo, a cobertura vegetal é formada por um mosaico de fitofisionomias que incluem formações florestais associadas aos cursos d'água ou áreas de baixadas, geralmente representadas por florestas estacionais semidecíduais e distintas fisionomias savânicas de Cerrado. Nas áreas de maior altitude, acima de 900 m, há a ocorrência da flora típica de Campo Rupestre (RAPINI et al., 2008), fitofisionomia observada em grande parte do município de Couto de Magalhães de Minas.

Planos de informação

Utilizou-se para a análise de FAP os planos de informação: (i) Declividade do Terreno, (ii) Classes de Solos, (iii) Pluviosidade, (iv) Domínios Geológicos e (v) Hierarquia Fluvial.

O mapa de declividade do terreno foi gerado a partir da base do Modelo Digital de Elevação (MDE), obtidas da SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) junto a EMBRAPA (MIRANDA, 2005). Foi utilizado ainda das informações vetoriais referentes às classes de solos, adquiridas junto a Embrapa Solos (EMBRAPA, 2004), além das informações geológicas do Serviço Geológico Brasileiro (CPRM, 2016).

Para a variável de pluviosidade, foi utilizada a base de dados extraída do Atlas Pluviométrico do Brasil, gerado a partir dos dados de Estações Pluviométricas existentes no

entorno e dentro da Bacia do rio Jequitinhonha, produzido no Programa de Levantamentos da Geodiversidade (CPRM, 2016), em isoietas de precipitações médias anuais de aproximadamente 30 anos, entre 1977 e 2006.

Empregou-se ainda o *software* NetErosividade MG para averiguação das taxas de erosividade do município avaliado. A aplicação trata-se de um programa computacional para estimar os valores da erosividade da chuva para o Estado de Minas Gerais com base em redes neurais artificiais (RNAs). O valor anual da erosividade da chuva é obtido pelo somatório dos valores mensais dos índices de erosividade EI30 ou KE > 25. Para o cálculo de cada um desses índices são utilizados métodos de obtenção da energia cinética da precipitação pluviométrica gerando, portanto, os valores mensais e anual da erosividade da chuva para qualquer localidade do estado (MOREIRA et al., 2008). No software descrito, a energia cinética das chuvas é calculada automaticamente pelos métodos propostos por Foster et al. (1981) (F) e por Wagner e Massambani (1988).

Método Analytic Hierarchy Process (AHP)

Para a hierarquização da importância quantitativa dos critérios de análise do estudo, utilizou-se o método Analytic Hierarchy Process (AHP), elaborando-se uma matriz matemática de comparação pareada nos critérios, resultando em pesos de importância atribuídos a cada camada e considerados na equação final de sobreposição multicritério. Procedeu-se com a média ponderada de todas as camadas com base nos resultados da matriz que apresentou os fatores por grau de importância, adaptado de Saaty (2008) e França et al. (2019). A resolução da matriz tomou como base uma escala de comparação de critérios, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Classes de fragilidade e seus respectivos pesos e descrições

Classes	Descrição
1 - Baixa	Áreas caracterizadas pela condição de equilíbrio e estabilidade das características físico-naturais de um ecossistema natural
2 - Levemente Baixa	Ambientes em condições físicas de estabilidade do ambiente, com ao menos uma característica que não a incluem na classe anterior
3 - Média	Ambientes com fragilidade potencial em transição das classes mais baixas para as classes altas. É uma categoria de alerta para os riscos ambientais naturais sob a qual determinado sítio está sujeito. Estas áreas requerem maior atenção para conservação, proteção e técnicas de manejo mais adequadas dos recursos naturais locais
4 - Alta	Ambientes com elevada susceptibilidade a processos de degradação ambiental (física, química e/ou biológica), devido a maior acentuação de parâmetros e critérios analisados. Merecem muita atenção do ponto de vista ambiental. São as áreas com restrições a atividades antrópicas de ocupação e uso, devido à elevada instabilidade das características naturais do ambiente
5 - Extremamente Alta	Áreas com intensa sensibilidade ambiental, inaptas a qualquer tipo de atividade antrópica. Reúnem as mais frágeis combinações de características físicas-naturais favoráveis a tornarem-nas áreas degradadas. Recomenda-se destinação a unidades de conservação.

Fonte: Adaptado de Ross (1994; 2012).

A consistência da análise AHP foi averiguada calculando-se o Índice de Consistência: $IC = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$ e Razão de Consistência: $RC = IC / IR$, conforme estabelecido por Saaty (2005), onde: IC = Índice de Consistência; n = Número de critérios avaliados; $\lambda_{\max}$ = Número principal de Eigen e; IR = Índice Randômico. O valor do IR pode ser verificado em Saaty (1991), de acordo com o tamanho da matriz de análise AHP (FRANÇA, 2018; FRANÇA et al., 2019).

Para a análise da FAP do município de Couto de Magalhães de Minas foram elaborados cinco mapas das respectivas camadas de declividade do terreno, classes de solo, domínios geológicos, pluviosidade e hierarquia fluvial.

Mapas intermediários foram reclassificados por meio da discretização de cada variável, em que se considerou uma mesma escala de valor. Isso propiciou a sobreposição entre as variáveis e os cálculos das classes de fragilidade ambiental. Cada classe de FAP foi estabelecida com base nos pesos atribuídos aos cinco critérios, conforme são apresentados na Tabela 2.

Para as diferentes classes de solos foram atribuídos pesos conforme a vulnerabilidade, a movimentação de massas ou desagregação, baseados na classificação recomendada por Ross (1994), que hierarquizou em cinco

categorias o fator pedologia/solos: textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas e profundidade/espessura dos horizontes superficiais e subsuperficiais. Estas características estão diretamente relacionadas com o relevo, litologia e clima, elementos motores da pedogênese e fatores determinantes das características físicas e químicas dos solos.

Já em relação a variável Declividade do Terreno, utilizaram-se os coeficientes em ordem crescente relacionados à variação da declividade da área em estudo, entre plano e montanhoso, conforme especificações técnicas de Ross (1994; 2012), que reforça a declividade como importante indicador do vigor dos processos erosivos, dos riscos de escorregamentos/deslizamentos e inundações frequentes.

As isoietas de precipitação média anual, relacionadas aos dados pluviométricos do município de Couto de Magalhães, variaram entre 1.191 a 1.239mm, observando-se pouca variação entre os valores mínimo e máximo, possivelmente devido à pequena extensão territorial do município. Para a atribuição da fragilidade quanto aos índices de pluviosidade, utilizou-se como critério os níveis de interferência na estabilidade do ambiente a partir das pressuposições de Ross (2012), em relação a distribuição e intensidade das chuvas. Estas têm ação direta sobre a dinâmica de

superfície principalmente no que diz respeito ao intemperismo de rochas e solos (VALLE et al., 2016).

Tabela 2. Pesos e classes de fragilidade atribuídos a cada critério considerado no estudo

Classes de fragilidade	Pesos	Declividade do terreno ¹	Classes de Solo ²	Domínios Geológicos ³	Precipitação Pluviométrica (mm) ⁴	Hierarquia Fluvial ⁵
Baixa	1	Plano (0-6%)	Latossolo Vermelho Escuro	---*	1.191-1.208 1.208-1.222	5ª Ordem
Levemente Baixa	2	Suave Ondulado (6-12%)	---*	DSCICD	---*	---*
Média	3	Ondulado (12-20%)	---*	DSPDM	1.222-1.236 1.236-1.251	4ª Ordem 3ª Ordem
Alta	4	Forte Ondulado (20-30%)	Cambissolo	---*	---*	2ª Ordem
Extremamente Alta	5	Montanhoso (30-86,8%)	Neossolo Litólico	DCDL	1.251 -1.267 1.267-1.239	1ª Ordem

*Para os atributos cuja informação é desconhecida, não recebem nenhuma atribuição de pesos, logo, não são considerados na sobreposição das camadas; ¹Classes de fragilidade da declividade foram determinadas de acordo com as recomendações de Ross (1994); ²Os pesos de fragilidade para as Classes de Solos foram atribuídos conforme Crepani (2001) e Lepsch (2002); ³Os pesos de fragilidade referentes aos domínios geológicos foram baseados nas recomendações de Quartaroli et al. (2013); ⁴Os níveis das variações pluviométricas foram baseados em Ross (2012), e; ⁵Os pesos de fragilidade para a hierarquia de drenagens da área de estudo, foram pautados nas concepções apresentadas em Vitte e Villela Filho (2006).

Para a caracterização da Hierarquia Fluvial, verificou-se cursos d'água de até 5ª ordem, de acordo com a classificação de Strahler (1952). A ocorrência de drenagens de 1ª ordem, caracterizadas por cursos d'água que percorrem das nascentes às confluências, destaca-se como fator fortemente relacionado à fragilidade do ambiente. Ou seja, quanto maior a participação percentual de canais de primeira ordem, maior é a fragilidade da paisagem, pois indica maior dissecação do relevo, que pode ser provocada por controle estrutural, como falhas, fraturas ou dobramentos (CHRISTOFOLETTI, 1980; VITTE & VILLELA FILHO, 2006).

Em relação à classe dos Domínios Geológicos, os pesos foram atribuídos segundo informações obtidas nos valores de vulnerabilidade recomendados por Crepani et al. (2001) e Quartaroli et al. (2013).

Após a geração do mapa final de FAP, calculou-se a área em km² para cada classe de fragilidade da área de estudo, bem como os mapas foram interpretados individualmente e em conjunto. Os procedimentos metodológicos do estudo são apresentados no fluxograma da Figura 2.

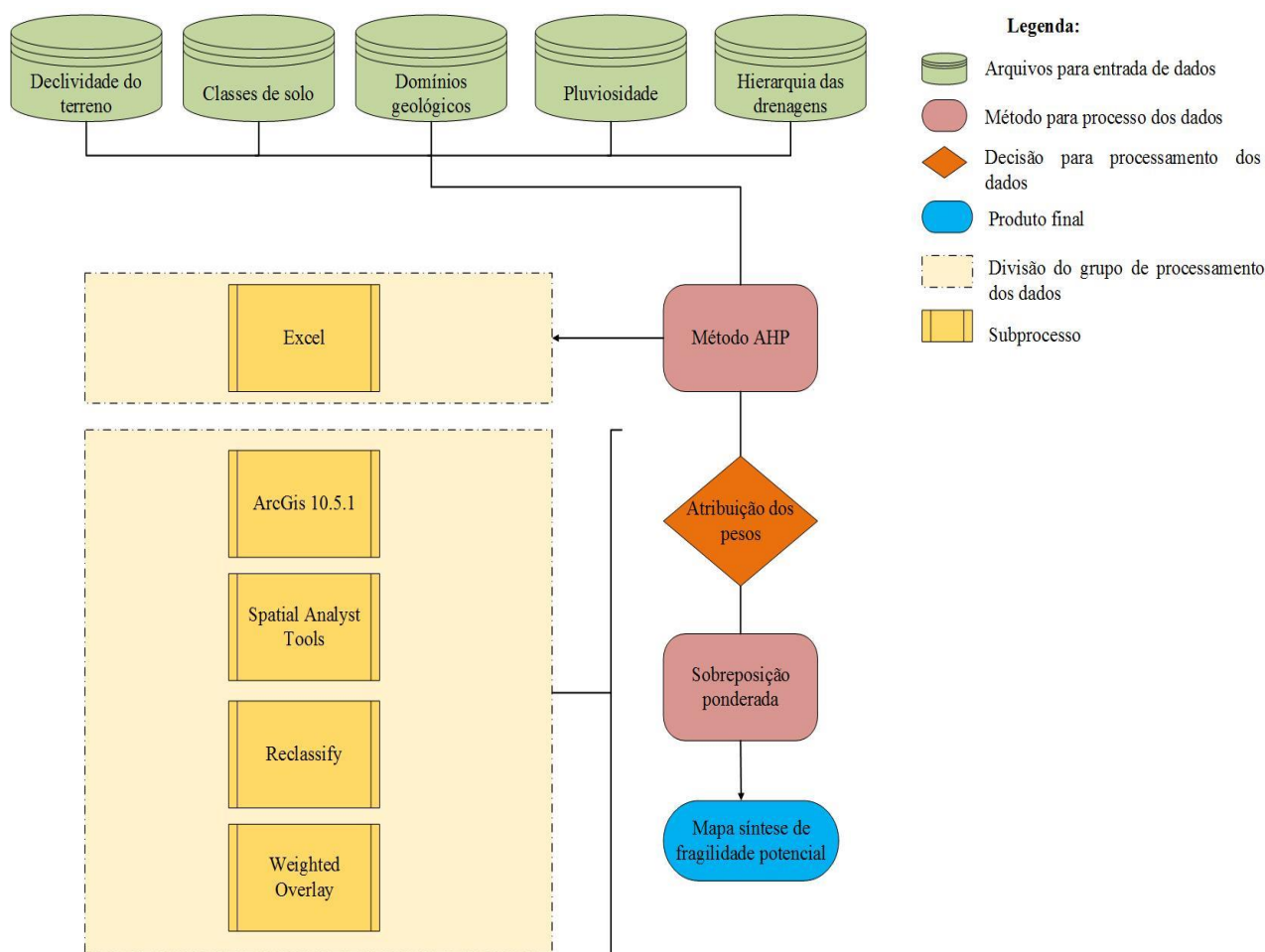


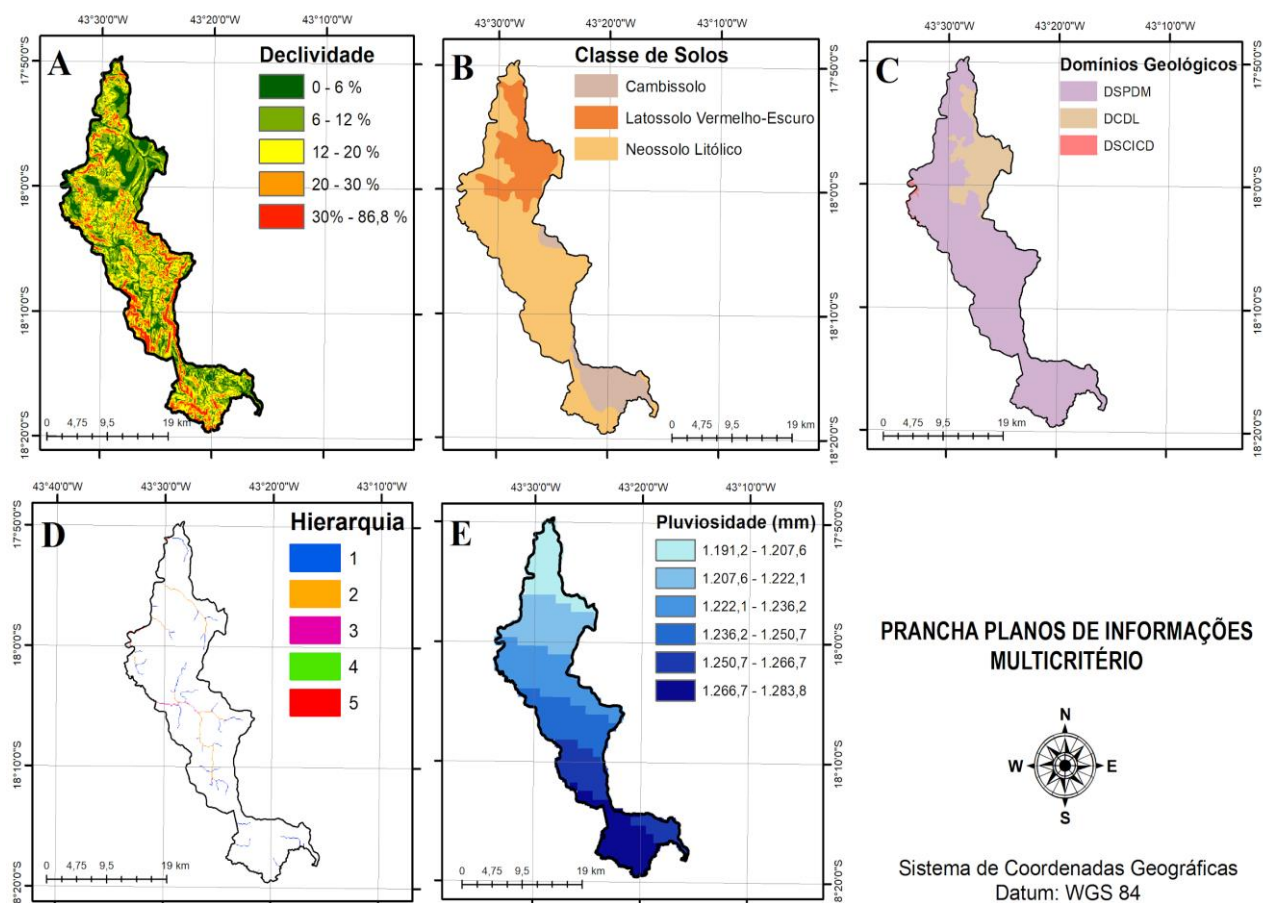
Figura 2. Procedimentos metodológicos das etapas percorridas para elaboração do mapa de Fragilidade Ambiental Potencial (FAP) da área alvo de estudo.

Resultados e Discussão

Os mapas referentes aos critérios ou planos de informações considerados no estudo, foram gerados e são apresentados na prancha de mapas da Figura 3.

Foram observadas classes de declividade de até 86,8% (Figura 3A), com predominância das classes de ondulado (12-20%). Para os solos da região, verificou-se predominância dos Neossolos Litólicos, em mosaico com Cambissolos ao sul do município e Latossolos Vermelho-escuro ao nordeste da área de estudo (Figura 3B). Quanto aos

domínios geológicos, foi verificado relativa correlação desta classe com a de solos, apresentando predominância dos Domínios das Sequências Sedimentares Proterozóicas Dobradas, Metamorfizadas em baixo e médio grau (Figura 3C). Além disso foi constatado trechos hídricos de até 5ª ordem na hierarquia de drenagens (Figura 3D), com predominância dos cursos d'água de 1ª ordem, referente aos pontos de nascentes e pequenos trechos hídricos. Os índices pluviométricos para Couto de Magalhães de Minas variaram entre 1.191,2 a 1.283,8mm, conforme verificado na Figura 3E.



*Nomenclatura dos Domínios Geológicos - DSPDM Domínio das Sequências Sedimentares Proterozóicas Dobradas, Metamorfizadas em baixo grau a médio grau; DCDL: Domínio das Coberturas Cenozoicas Detrito-Lateríticas; DSCICD: Domínio dos Sedimentos Cenozoicos Inconsolidados ou Pouco consolidados, depositados em meio aquoso.

Figura 3. Mapas dos múltiplos critérios considerados na avaliação da FAP.

Os resultados da etapa de hierarquização da importância dos critérios avaliados, atestam Índice de Consistência (IC) igual a 0,0875 e Razão de Consistência (RC) de 0,0781, valores dentro dos limites de coerência e confiabilidade aceitáveis ($\leq 0,10$) (SAATY, 1980) para a metodologia AHP. Logo, com valores de ponderação consistentes para a etapa de análise de sobreposição e geração do mapa final de FAP.

Estudos que utilizaram da integração do método AHP e Sistemas de Informações Geográficas, também mostraram que as variáveis utilizadas permitiram conhecer o nível de fragilidade de áreas analisadas (MIARA & OKA-FIORI, 2007; OMES & BIAS, 2018). Além disso, trabalhos realizados de análises multicritério para fragilidade ambiental com aplicação do método AHP também chegaram a valores considerados excelentes, tais como

Schmidt e Barbosa (2016) que encontraram consistência com variáveis parcialmente semelhantes às aqui utilizadas, de RC igual a 0,0324. Gonçalves et al. (2016) encontraram RC de 0,016, além de Oliveira et al. (2009), que obtiveram RC de 0,009, atestando-se assim a coerência do uso do método na hierarquização da influência de variáveis para determinação de fragilidade ambiental. França et al. (2019) em estudo também para um município do Vale do Jequitinhonha, encontraram Razão de Consistência de 0,0627, atestando que há semelhança entre os padrões de julgamento técnico para a região.

Após a análise de sobreposição ponderada dos múltiplos critérios, foi gerado o mapa final de FAP e suas áreas foram quantificadas em km², com as respectivas porcentagens, que são apresentadas no gráfico da Figura 4.

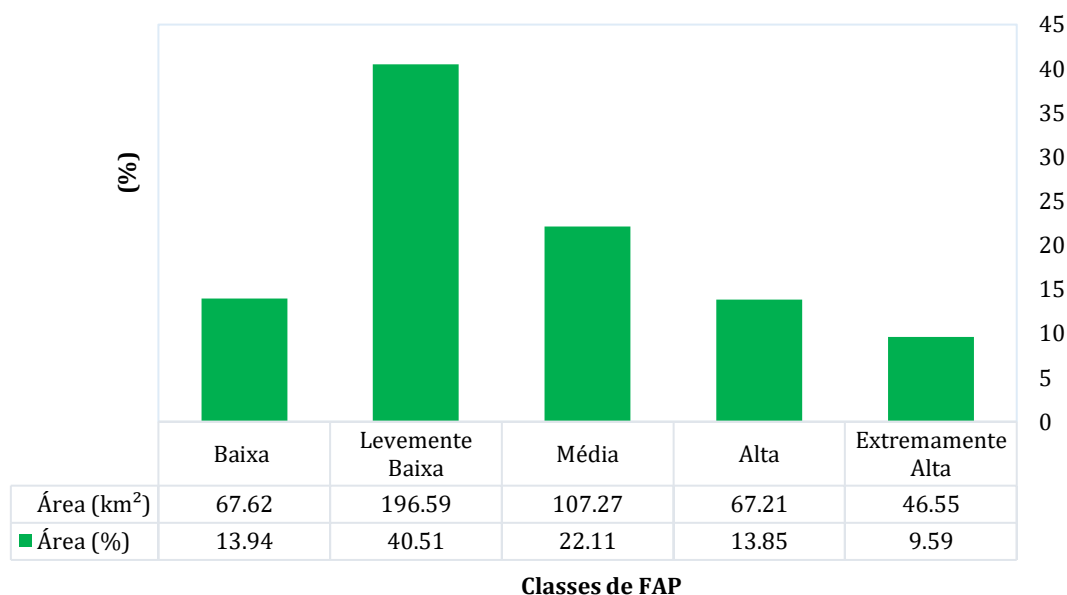


Figura 4. Gráfico de quantificação das áreas por classes de FAP para Couto de Magalhães de Minas.

Avaliando-se a distribuição das diferentes classes de FAP no município de Couto de Magalhães de Minas, observa-se que as fragilidades ambientais potenciais predominantes são do tipo *Levemente Baixa* e *Média*, as quais representam 62,62% da área. A classe de menor representatividade é a *Extremamente Alta*, correspondendo a 9,59% do município. No entanto, destaca-se que ao se considerar as classes de FAP do tipo *Alta* e *Extremamente Alta* de forma conjunta, estas representam 23,44% da área total do município, indicando atenção para os

questionamentos quanto à capacidade de conservação e de proteção ambiental na região.

Uma vez que a análise via FAP não considera os possíveis efeitos das intervenções antrópicas nos ambientes naturais, não é possível descartar completamente os riscos de degradação de áreas tidas como de menor fragilidade, haja vista que o manejo indevido do uso da terra pode comprometer a sustentabilidade desses ecossistemas e a qualidade dos recursos e serviços naturais fornecidos. Na Figura 5 é apresentado o mapa final de FAP gerado para a área de estudo.

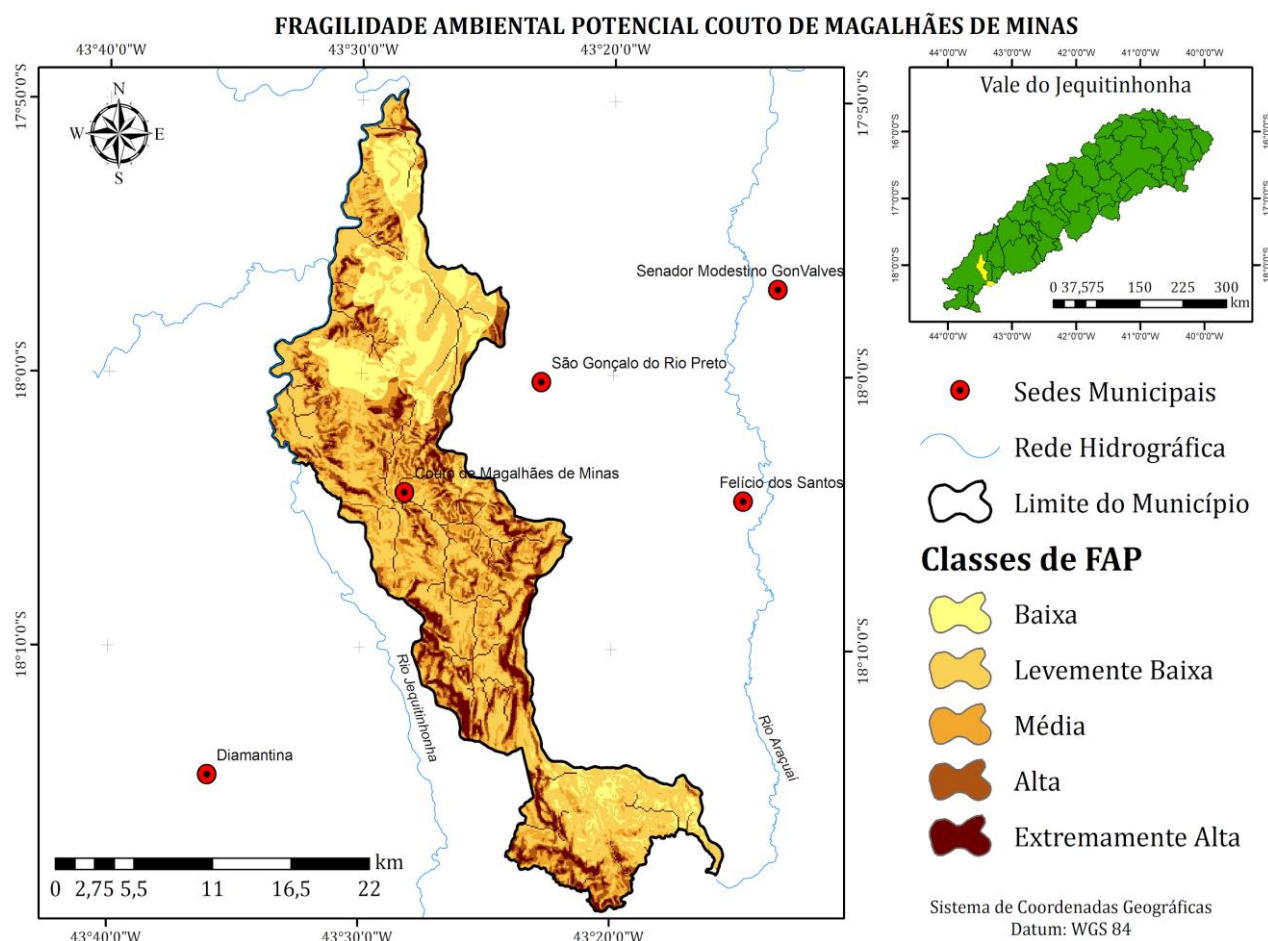


Figura 5. Mapa temático final de Fragilidade Ambiental Potencial (FAP) para Couto de Magalhães de Minas, Minas Gerais.

A partir do mapa de FAP (Figura 5), observa-se que as classes de fragilidade mais altas estão diretamente relacionadas à distribuição espacial da declividade do terreno (Figura 3A) e das classes de solo (Figura 3B) presentes na área de estudo. Observa-se a progressão das classes de FAP à medida que o terreno se torna mais declivoso e os solos mais jovens e rasos. Estas áreas estão associadas ao domínio da Serra do Espinhaço, o qual associa-se à fitofisionomias rupestres (GIULIETTI et al., 1987). Neste caso, a vegetação desenvolve-se sobre pedregulhos ou rochas, em solos rasos ou pedregosos de origem recente, ou ainda em depósitos arenosos, apresentando uma elevada riqueza de espécies vegetais, expressiva diversidade genética e alto grau de endemismo (CAMINO et al., 2008).

França (2018), em estudo de Fragilidade Ambiental para a bacia hidrográfica do Rio Jequitinhonha, constatou as mais elevadas fragilidades concentradas na porção do Alto Jequitinhonha, corroborando com o contexto da localização de Couto de Magalhães de Minas. Logo, destaca-se a importância das práticas de conservação destes ecossistemas,

em virtude da relevância ecológica demonstrada.

A porção nordeste da área de estudo destaca-se por predominar a classe de FAP do tipo *Baixa*, áreas estas que correspondem aos Latossolos Vermelhos Escuros (Figura 3B). Estes apresentam melhor aptidão agrícola devido a sua melhor qualidade física, o que contribui positivamente para o uso e a ocupação destes sítios (RODRIGUES & CASTRO, 2015). Por outro lado, constata-se na área municipal maior predominância dos Neossolos litólicos (Figura 3B), classe de solos que frequentemente é associada às áreas com alta fragilidade ambiental (CREPANI, 2001; LEPSCH, 2002; PIRES et al., 2015; FOLLMANN et al., 2018).

Neste estudo as áreas de maior fragilidade potencial situam-se nas zonas de declividade acima de 20% (Figura 3A). Regiões de declividade acentuada podem potencializar a transferência de estruturas de solos e nutrientes, principalmente por escoamento superficial (GIROTTO et al., 2013; LOURENZI et al., 2015). Ross (1994), em seu estudo sobre fragilidade ambiental potencial, destaca a declividade como o fator de maior importância

na definição da FAP, uma vez que altas declividades indicam as características do relevo que geram energia potencial para a ocorrência de processos geomorfológicos, como erosão laminar e deslizamentos. Nesse sentido, recomenda-se maior atenção para com o desenvolvimento de atividades reconhecidamente impactantes sobre tais sítios, uma vez que tais ambientes reúnem características ambientais potencialmente propícias à degradação.

A predominância da classe de FAP do tipo Levemente Baixa no município de Couto de Magalhães de Minas é evidente. No entanto, classes de maior FAP (Média a Extremamente Alta) não podem ser negligenciadas, uma vez que correspondem a quase metade (45,55%) da área de estudo (Figura 5). Estas áreas configuram-se como atrativas às atividades de mineração, sobretudo no contexto do Alto Jequitinhonha, onde atividades minerárias são exercidas desde os tempos coloniais (SCLIAR, 1995). Ainda, nestas áreas de fragilidade Média a Extremamente Alta ocorrem espécies vegetais endêmicas (ROQUE & PIRANI, 1997; RAPINI et al., 2009), devendo-se atentar para sua relevância no tocante à conservação. Martins et al. (2018), em estudo de fragilidade ambiental para uma bacia hidrográfica no norte de Minas Gerais, detectaram áreas com predominância de

FAP do tipo alta, reforçando a necessidade de recuperação de áreas degradadas e implantação de técnicas de conservação do solo nas áreas de maior fragilidade.

As condições de fragilidade potencial da área de estudo são indicativas no entendimento da vulnerabilidade da região, sobretudo quanto às taxas de erosividade local. A erosão hídrica é gerada pelo impacto das gotas de chuvas que promovem a desagregação de partículas do solo que, posteriormente, são transportadas pelo escoamento superficial (TRINDADE et al., 2016), demonstrando-se que conhecer o potencial erosivo de chuvas é crucial para estimar a capacidade de perda de solo.

Constata-se para o município de Couto de Magalhães de Minas, que os valores de erosividade possuem amplitude de 0,0 a 14,5 MK ha⁻¹ ano⁻¹ para KE>25 e de 7 a 1237 MJh⁻¹ ha⁻¹ ano⁻¹ para EI₃₀ (Tabela 3). Também é possível evidenciar que os maiores valores de erosividade estão associados aos meses com maior precipitação média anual na região, com destaque para o mês de dezembro. Isto ocorre porque a intensidade, duração e frequência das chuvas consistirem de fatores condicionantes da erosividade, além de ser a chuva a força motriz da erosão do solo, influenciando diretamente a quebra de agregados e o escoamento superficial (OLIVEIRA et al., 2015).

Tabela 3. Valores mensais e média anual de erosividade para o município de Couto de Magalhães de Minas, Minas Gerais

	KE>25 (F)	KE>25 (W&M)	EI ₃₀ (F)	EI ₃₀ (W&M)
	MK ha ⁻¹ ano ⁻¹		MJh ⁻¹ ha ⁻¹ ano ⁻¹	
Janeiro	4,97	4,85	804	658
Fevereiro	2,44	4,99	278	263
Março	3,12	3,22	660	196
Abril	3,79	2,90	296	221
Maio	0,22	0,23	72	89
Junho	0,01	0,01	7	20
Julho	0,01	0,00	14	9
Agosto	0,01	0,01	8	17
Setembro	0,22	0,27	81	82
Outubro	1,89	4,79	515	523
Novembro	2,69	8,44	843	860
Dezembro	14,50	14,25	622	1237
Média Anual	33,87	43,96	4.197	4.174

*(F) Energia cinética calculada pelo método proposto por Foster et al. (1981); (W&M) Energia cinética calculada pelo método proposto por Wagner & Massambani (1988).

Em relação à média anual de erosividade para a área de estudo (4.197 MJ ha⁻¹ ano⁻¹ para EI₃₀ (F) e 4.174 MJ ha⁻¹ ano⁻¹ para EI₃₀ (W&M)), os valores assemelham-se com os encontrados por Mello et al. (2007), para

o nordeste do estado de Minas Gerais (entre 4.905 e 7.357 MJ mm ha⁻¹ ano⁻¹), nomeadamente para a região onde encontra-se Couto de Magalhães de Minas, classificando assim a

região com taxas de erosividade entre média a alta.

Santos et al. (2009) reforçam que sendo o solo um recurso de renovação lenta e que pode rapidamente ser degradado pela ação da erosão, torna-se, portanto, fundamental o conhecimento da forma de como a precipitação atua no ambiente no qual está inserido, sendo de fundamental importância os estudos que avaliem a susceptibilidade dos terrenos aos processos erosivos, assim como os fatores que influenciam nesse processo (CARVALHO & LEITE, 2015).

Conclusão

Foi possível gerar, por meio do método de análise multicritérios junto ao SIG, o mapa final de FAP e os resultados obtidos podem subsidiar a elaboração de instrumentos e ações de gestão ambiental e ordenamento territorial em Couto Magalhães de Minas e regiões adjacentes do Alto Jequitinhonha.

Os resultados de erosividade mensal e anual constituíram uma importante ferramenta para tomadas de decisão relativas às práticas de conservação do solo em Couto de Magalhães de Minas. As informações permitiram correlacionar os meses de maior risco quanto à escorregamentos e/ou deslizamentos e que, portanto, merecem maior atenção do ponto de vista ambiental, sobretudo nos sítios com maiores taxas de fragilidade ambiental potencial.

O mapeamento da FAP foi satisfatório neste estudo, no entanto, enfatiza-se que outros critérios ou indicadores ambientais podem influenciar diretamente nos graus de fragilidade ambiental do terreno, e que estudos adicionais são necessários para obter mapas de FAP mais fidedignos, bem como, além do método AHP aqui utilizado, a aplicação de outros métodos operacionais de apoio a tomada de decisões geoespaciais, também são recomendados.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências Bibliográficas

CARVALHO, E. M.; LEITE, E. F. Erosividade e erodibilidade na bacia hidrográfica do córrego João Dias, Aquidauana/MS. *Revista Geografar*, v.10, n.2, p.88-111, 2015.

CARMO PIRES, L.; DA SILVA, L. F.; MENDONÇA, B. G.; BACANI, V. M. Análise da fragilidade ambiental do município de Aquidauana-MS. *Caderno de Geografia*, v.25, n.43, p.52-65, 2015.

CARVALHO, A. W. Estudo de vulnerabilidade geotécnica através de análise integrada em ambiente SIG. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.8, n.3, p.909-920, 2015.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo: Edgard Blücher, 2ª edição, 1980. 188p.

CORTE, A. P.; HENTZ, A. M. K.; DOUBRAWA, B.; SANQUETTA, C. R. Environmental fragility of Iguazu river watershed, Paraná, Brazil. *Bosque*, v.32, n.2, p.287-297, 2015.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Projeto Cadastro de Abastecimento por Águas Subterrâneas, Estados de Minas Gerais e Bahia: diagnóstico do município de Couto Magalhães de Minas, MG. Belo Horizonte: v.71, 2005. 13p.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Atlas pluviométrico do Brasil. 2016. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Atlas-Pluviometrico-do-Brasil-1351.html>. Acesso em: 07/09/2019.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; AZEVEDO, L. G.; DUARTE, V.; HERNANDEZ, P.; FLOREZANO, T. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico econômico e ao ordenamento territorial. São José dos Campos: INPE, 2001. 103p.

ESRI. Environmental Systems Research Institute. ArcGIS 10.0: GIS by ESRI. ESRI, 2015.

FERREIRA, V. O.; SILVA, M. M. O. Clima da bacia do rio Jequitinhonha, em Minas Gerais: subsídios para a gestão de recursos hídricos. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.2, n.2, p.303-319, 2012.

FOLLMANN, F. M.; MANFIO, J. C.; CRUZ, R. C.; BOHRER, R. E. G.; TIECHER, T. L.; LUIZ, T. B. P. Determinação da fragilidade ambiental de bacia hidrográfica em relação à atividade suinícola utilizando SIG. *Ciência e Natura*, v.40, n.33, p.1-12, 2018.

FOSTER, G. R.; McCOOL, D. K.; RENARD, K. G.; MOLDENHAUER, W. C. Conversion of the universal soil loss equation to SI units. *J. Soil Water Conserv.*, v.36, n.6, p.355-9, 1981.

FRANÇA, L. C. J. Fragilidade ambiental potencial da bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha, Minas Gerais, Brasil. 114f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Diamantina, 2018.

- FRANÇA, L. C. J.; MUCIDA, D. P.; MORAIS, M. S.; CATUZZO, H.; ABEGÃO, J. L. R.; PEREIRA, I. M. Zoneamento da fragilidade ambiental de ecossistemas naturais e antropizados por meio de avaliação multicritério. *Nativa*, v.7, n.5, p. 589-599, 2019.
- FRANCISCO, C. E. S.; COELHO, R. M.; TORRES, R. B.; ADAMI, S. F. Análise multicriterial na seleção de bacia hidrográfica para recuperação ambiental. *Ciência Florestal*, v.18, n.1, p.1-13, 2008.
- GIROTTO, E.; CERETTA, C. A.; LOURENZI, C. R.; LORENSINI, F.; TIECHER, T. L.; VIEIRA, R. C. B.; BRUNETTO, G. Nutrient transfers by leaching in a no-tillage system through soil treated with repeated pig slurry applications. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v.95, n.1, p.115-131, 2013.
- GIULIETTI, A. M.; MENEZES N. L.; PIRANI J. R.; MEGURO M.; WANDERLEY, M. G. L. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: caracterização e lista das espécies. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo*, v.9, p.1-151, 1987.
- GOMES, R. C.; BIAS, E. S. Integração do método AHP e SIG como instrumento de análise do nível de conservação ambiental em bacias hidrográficas. *Revista Geociências*, v.37, n.1, p.167-182, 2018.
- GONÇALVES, G. G. G.; DANIEL, O.; COMUNELLO, E.; VITORINO, A. C. T.; ARAI, F. K. Determinação da fragilidade ambiental de bacias hidrográficas. *Floresta*, v.41, n.4, p.797-808, 2011.
- JÚNIOR, V. S. Q.; CABRAL, J. B. P.; ROCHA, I. R.; BARCELOS, A. A. Uso de geotecnologias na caracterização da fragilidade ambiental da bacia da UHE Foz do Rio Claro (GO). *Geofocus*, n.15, p.193-212, 2015.
- KAMINO, L. H. Y.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; STEHMANN, J. R. Relações florísticas entre as fitofisionomias florestais da Cadeia do Espinhaço, Brasil. *Megadiversidade*, v.4, n.1-2, p.39-49, 2008.
- LEPSCH, I. F. Formação e Conservação dos Solos. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 173p.
- LOPES, E. R. N.; LORENÇO, R. W.; REUSS-STENZEL, G. M. Multicriteria analysis applied to zoning of protected areas in the coastal zone of Bahia, Brazil. *Revista RaeGa*, v.37, p.65 -90, 2016.
- LOURENZI, C. R.; CERETTA, C. A.; TIECHER, T. L.; LORENSINI, F.; CANCIAN, A.; STEFANELLO, L.; BRUNETTO, G. Forms of phosphorus transfer in runoff under no-tillage in a soil treated with successive swine effluents applications. *Environmental Monitoring and Assessment*, v.187, n.4, p.1-16, 2015.
- MANGANHOTTO, R. F.; SANTOS, L. J. C.; FILHO, P. C. O. Análise da fragilidade ambiental como suporte ao planejamento do ecoturismo em unidades de conservação: estudo de caso Flora de Itatí - PR. *Floresta*, v.41, n.2, p.231-243, 2011.
- MARTINS, R. N.; COLARES, A. P. F.; ALMEIDA, S. L. H.; ZANELLA, M. A.; NERY, C. V. M. Fragilidade Potencial e Emergente na bacia do rio Peruçu, região norte de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geomática*, v.6, n.2, p.99-118, 2018.
- MASSA, E. M.; ROSS, J. L. S. Aplicação de um modelo de fragilidade ambiental relevo-solo na Serra da Cantareira, bacia do Córrego do Bispo, São Paulo - SP. *Revista do Departamento de Geografia - USP*, v.24, p.57-79, 2012.
- MELLO, C. R.; SÁ, M. A. C.; CURI, N.; MELLO, J. M.; VIOLA, M. R.; SILVA, A. M. Erosividade mensal e anual da chuva no Estado de Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, n.4, p. 537-545, 2007.
- MIARA, M. A.; OKA-FIORI, C. Análise por múltiplos critérios para a definição de níveis de fragilidade ambiental - um estudo de caso: bacia hidrográfica do rio Cará-Cará, Ponta Grossa/PR. *Revista RA'EGA*, n.13, p.85-98, 2007.
- MIRANDA, E. E. Brasil em Relevo. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/>. Acesso em: 07/09/2019.
- MOREIRA, M. C.; PRUSKI, F. F.; OLIVEIRA, T. E. C.; PINTO, F. A. C.; SILVA, D. D. NetErosividade MG: erosividade da chuva em Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p.1349-1353, 2008.
- OLIVEIRA, J. P. B.; CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, F. F.; ZANETTI, S. S. Espacialização da erosividade das chuvas no Brasil a partir de séries sintéticas de precipitação. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.10, n.4, p.558-563, 2015.
- OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B.; ALVES SOBRINHO, T.; PANACHUKI, E. Processo Analítico Hierárquico aplicado a vulnerabilidade natural a erosão. *Geociências*, v.28, n.4, p.417-424, 2009.
- PINTO, F.; BARBOSA, R. I.; KEIZER, E.; CAMPOS, C.; LAMBERTS, A.; BRIGLIA-FERREIRA, S. R.; SOUZA, B. C.; AZEVEDO, R. B.; BORGES, O.; BRASIL, S. M.; CARDOSO, G. C.; MACEDO, L. Análise multicritério para a seleção de uma área de conservação na maior Savana da Amazônia. *ACTA Geográfica*, v.8, n.17. p.50-70, 2014.
- PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Atlas de Desenvolvimento

- Humano para o Brasil. 2000. Disponível em: http://atlasbrasil.org.br/2013/data/rawData/20170530_PNUD_ParaAlemdasMedias_alta.pdf. Acesso em: 07/09/2019.
- QUARTAROLI, C. F.; ARAÚJO, L. S.; GARÇON, E. A. M. Carta de vulnerabilidade natural à perda de solo do Estado do Maranhão. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. 2013. 44p.
- RAPINI, A.; RIBEIRO, P. L.; LAMBERT, S.; PIRANI, J. R. A flora dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço. Megadiversidade, v.4, p.16-24, 2008.
- RAPINI, A.; SOUZA-SILVA, R. F.; SAMPAIO, L. N. P. Apocynaceae. In: GIULIETTI, A. M.; RAPINI, A.; ANDRADE, M. J. G.; QUEIROZ, L. P.; SILVA J. M. C. (eds.). Catálogo de espécies raras de plantas do Brasil. Conservação Internacional do Brasil. Belo Horizonte; UEFS. Feira de Santana. p.54-64. 2009.
- RODRIGUES, H. S. M. C.; CASTRO, S. S. Avaliação da expansão recente da cana-de-açúcar em solos frágeis na microrregião Vale do Rio dos Bois, GO. In: Solos Frágeis: caracterização, manejo e sustentabilidade. p.273-292, 2015.
- ROQUE, N.; PIRANI, J. R. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: *Compositae - Barnadesieae e Mutisieae*. Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo, v.16, p.151-185, 1997.
- ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizado. Revista do Departamento de Geografia, v.8, p.24-30, 1994.
- ROSS, J. L. S. Landforms and environmental planning: Potentialities and Fragilities. Revista do Departamento de Geografia, vol. esp., p.38-51, 2012.
- SAATY, T. L. Método de análise hierárquica. São Paulo: Makron Books, 1991. 367p.
- SAATY, T. L. Theory and applications of the analytic network process: decision making with benefits, opportunities, costs, and risks. Pittsburgh: RWS Publications, 2005. 352p.
- SANTOS, C. A.; SOBREIRA, F. G. Análise da fragilidade e vulnerabilidade natural dos terrenos aos processos erosivos como base para o ordenamento territorial: o caso das bacias do córrego Carioca, córrego do Bação e ribeirão Carioca na região do alto Rio das Velhas-MG. Revista Brasileira de Geomorfologia, v.9, n.1, p. 65-73, 2008.
- SANTOS, G. G.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.2, p.115-123, 2009.
- SANTOS, M. R. R.; RANIERI, V. E. L. Critérios para análise do zoneamento ambiental como instrumento de planejamento e ordenamento territorial. Ambiente & Sociedade, v.25, n.4, p.43-62, 2013.
- SANTOS, R. M.; NÓBREGA, M. T.; PAIVA, R. G.; SILVEIRA, H. Análise da fragilidade ambiental no município de Tamboara - PR: aplicação e estudo comparativo de duas metodologias. Geoambiente, n.14, p.93-120, 2010.
- SCHIAVO, B. N. V.; HENTZ, Â. M. K.; DALLA CORTE, A. P.; SANQUETTA, C. R. Caracterização da fragilidade ambiental de uma bacia hidrográfica urbana no município de Santa Maria - RS. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v.20, n.1, p.464-474, 2016.
- SCHIMIDT, M. A. R.; BARBOSA, G. R. Uso de redes neurais artificiais na ponderação inicial da técnica AHP em análises de vulnerabilidade de bacias hidrográficas. Bol. Ciênc. Geod, v.22, n.3, p.511-525, 2016.
- SCLIAR, C. Dotação mineral, meio ambiente e desenvolvimento do Alto Jequitinhonha. Geonomos, v.3, n.1, p.65-75, 1995.
- SILVA, D. C. C.; MORO, M. K.; MOYA, K. J.; PINHEIRO, M. M.; SIMONETTI, V. C. Proposta metodológica para definição de áreas prioritárias para recuperação vegetal de áreas de preservação permanente. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v.7, n.4, p.540-562, 2018.
- SPORL, C.; ROSS, J. L. S. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. GEOUSP - Espaço e Tempo, v.15, p.39-49, 2004.
- TESFAHUNE, G. B. Farmer's perception on land degradation in northern Ethiopia: Implication for developing sustainable land management. The Social Science Journal, v.56, p.268-287, 2019.
- THOKALA, P.; DEVLIN, N.; MARSH, K.; BALTUSSEN, R.; BOYSEN, M.; KALO, Z.; LONGRENN, T.; MUSSEN, F.; PEACOCK, S.; WATKINS, J.; IJZERMAN, M. Multiple criteria decision analysis for health care decision making – an introduction: report 1 of the ISPOR MCDA Emerging Good Practices Task Force. Value Health, v.19, p.1-13, 2016.
- TRINDADE, A. L. F.; OLIVEIRA, P. T. S.; ANACHE, J. A. A.; WENDLAND, E. Variabilidade espacial da erosividade das chuvas no Brasil. Pesq. Agropec. Bras., v.51, n.12, p.1918-1928, 2016.
- UNCCD. United Nations Convention to Combat Desertification. Land-based Adaptation and Resilience. Powered by Nature, 2014. Disponível em: http://www.eld-initiative.org/fileadmin/pdf/Land_Based_Adap

tation_ENG_Sall_web.pdf. Acesso em: 07/09/2019.

VALLE, I. C.; FRANCELINO, M. R.; PINHEIRO, H. S. K. Mapeamento da fragilidade ambiental na bacia do Rio Aldeia Velha, RJ. *Floresta e Ambiente*, v.23, n.2, p.295-308, 2016.

VITTE, A. C.; VILELA FILHO, L. R. A urbanização, a fragilidade potencial do relevo e a produção do risco na bacia hidrográfica do Córrego

Proença, município de Campinas, Brasil. *Territorium: Rev. Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança*, n.13, p.105-114, 2006.

WAGNER, C. S.; MASSAMBINI, O. Análise da relação intensidade de chuva: Energia de Wischmeier & Smith e sua aplicabilidade à região de São Paulo. *R. Bras. Ci. Solo*, v.12, p.197-203, 1988.

Capítulo 9

ATRIBUTOS FUNCIONAIS DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS DA CAATINGA

Alexandro Dias Martins Vasconcelos¹

Maria José de Holanda Leite²

Gabriela Gomes Ramos³

Géssica dos Santos Vasconcelos⁴

Rosivânia Jerônimo de Lucena⁵

Jacob Silva Souto⁶

Robson José de Oliveira⁷

¹Dourando em Ciências Florestais, Universidade de Brasília-UnB, alexandrodmv@hotmail.com

²Dr^a. Prof.^a. Departamento de Florestal, UFAL, maryholanda@gmail.com

^{3,4,5}Mestre em Ciências Florestais, UFCG, gabiengflorestal@gmail.com; gsvasconc@gmail.com; rosivania.jl@hotmail.com

⁶Dr. Prof. Titular, UFCG, Campina Grande-PB, jacob_souto@yahoo.com.br

⁷Dr. Prof. Associado, UFPI, Teresina-PI, robson_ufpi@yahoo.com.br

Introdução

O bioma Caatinga possui uma cobertura vegetal representada por diferentes formações xerófilas por razões climáticas, edáficas, topográficas, e antrópicas. A grande pressão antrópica tem contribuído com a degradação da Caatinga, compondo assim, um dos biomas mais ameaçados do Brasil, devido ao mal planejamento de seus recursos, tais como a práticas insustentáveis, como a retirada e queima da vegetação nativa para implantação da agricultura e pecuária (SANTANA & SOUTO, 2006; ALVES et al., 2009).

A vegetação de Caatinga possui um caráter comportamental e fisiológico determinado pelas peculiaridades e ajustamento das plantas com as características físicas do meio em que estão inseridas (COSTA, 2010).

Estudos sobre a dinâmica de regeneração natural vem despertando o interesse científico, no entanto, existem carência e grandes lacunas desses estudos para a vegetação da Caatinga. Além disso, tais conhecimentos são essenciais para a elaboração e aplicação correta dos planos de manejo e tratamentos silviculturais, permitindo a exploração racional e permanente dos remanescentes (SILVA et al., 2012).

Assim, para que o ecossistema possa chegar à estabilidade, a diversidade funcional é tão importante quanto o número de espécies presentes na área, pois esta pode proporcionar o retorno dos processos ecológicos fundamentais para o equilíbrio do meio, conforme abordado na Teoria BEF-Biodiversity and Ecosystem Functioning (NAEEM, 2006).

Esse viés, busca entender de que forma as características morfológicas e fisiológicas das

espécies comprometem seus respectivos desempenhos na comunidade perante a variabilidade de recursos e das condições ambientais (MATTOS et al., 2004). Estudos demonstraram que mecanismos de adaptação se comportam de formas diferentes entre as espécies vegetais e, assim, influenciam na funcionalidade dos ecossistemas (CORNELISSEN et al., 2003; WEBB et al., 2010).

Os atributos funcionais são características dos organismos que provocam influência no desenvolvimento e que pode comprometer a sobrevivência das espécies (VIOLE et al., 2007). Pérez et al. (2013) enfatizam que, atributos funcionais são quaisquer traços morfológicos, fenológicos e/ou fisiológicos a nível celular ou mesmo de organismo, que podem afetar a capacidade de uma planta e definir como ela interage no ambiente, afetando outros níveis tróficos.

As diversidades nos atributos funcionais podem evidenciar correlações ecológicas importantes que ocorrem na comunidade. Um exemplo disso, ocorre quando a variação da área foliar apresenta relação com as taxas de crescimento da planta, que está conexas com a capacidade de captação de luz (CORNELISSEN et al., 2003; VALLADARES & BRITES, 2004).

A sucessão ocorre por meio de um processo natural pelo qual os ecossistemas se restauram de distúrbios (ENGEL & PARROTA, 2008). Neste processo, ocorrem alterações na composição das espécies da comunidade (ENGEL & PARROTA, 2008), evidenciando o modo adaptativo da vegetação por meio do uso de atributos morfológicos e as suas variações em respostas ecológicas ao longo dos diferentes estágios das formações vegetais, o que é

caracterizado como um dos padrões mais observados em ecologia de plantas (PELTZER et al., 2010), e que, evidenciam os mecanismos de colonização, dinâmica de nutrientes, resistência a distúrbios e produtividade vegetal (NORBERG et al., 2001).

A Caatinga possui uma cobertura vegetal variada, isto ocorre devido ao bioma estar diretamente relacionado aos fatores ambientais que incidem sobre o mesmo, como o clima, a posição geográfica, a geologia, o relevo, a variabilidade dos solos, a disponibilidade de nutrientes (RODAL et al., 2008). Esses fatores contribuem para aspectos morfológicos, fisiológicos e funcionais essenciais para sua sobrevivência (TROVÃO et al., 2007; PEREIRA JUNIOR et al., 2012). Assim, conhecer esses parâmetros possibilitam entender como as espécies vegetais se estabelecem, se mantêm e se evoluem em ambientes como a Caatinga (TROVÃO et al., 2007).

Cienciaruso et al. (2013) abordaram outro aspecto importante a ser considerado em estudos sobre atributos funcionais das espécies vegetais com relação à diversidade funcional,

pois esta proporciona um parâmetro importante para a conservação dos ecossistemas, de acordo com a integridade funcional das espécies e sua importância para o todo. Dessa forma, é de suma importância estudos sobre as características ecológicas da Caatinga, uma vez que, além dos problemas ambientais naturais, a mesma sofre grande perturbação antrópicas e, esses estudos, podem proporcionar subsídios para o manejo e conservação do bioma.

Assim, objetiva-se neste estudo analisar os atributos funcionais de cinco espécies arbóreas de um fragmento de Caatinga localizado na região do sertão paraibano.

Material e Métodos

A pesquisa foi realizada no mês de junho de 2018, na Fazenda Cachoeira de São Porfírio, município de Várzea – PB, microrregião do Seridó Ocidental, Sertão Paraibano, em área de domínio do bioma Caatinga, situada entre as coordenadas 06° 48' 35" S e 36° 57' 15" W, com altitude média correspondente a 271 m (Figura 1).

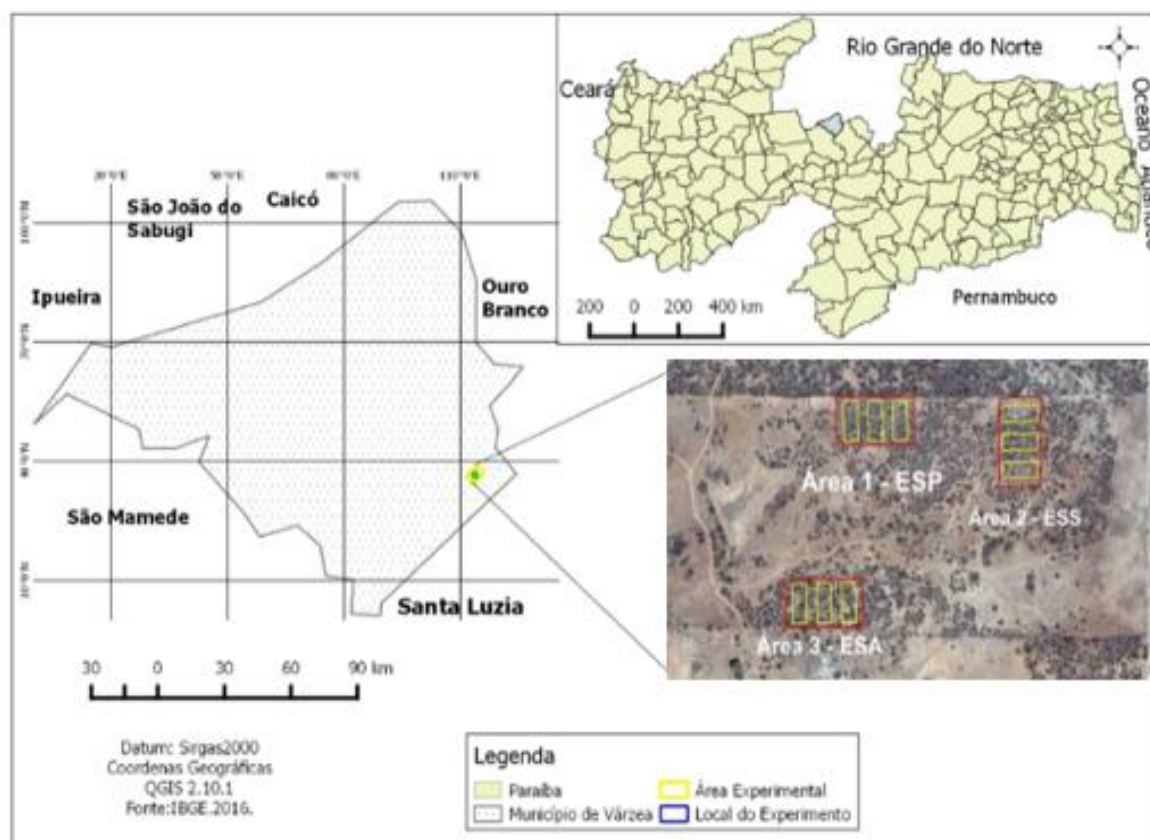


Figura 1. Localização da área de estudo. Fonte: Borges (2017).

O clima da região de estudo é caracterizado como semiárido do tipo BSh' (quente e seco) segundo a classificação de

Köppen, e médias pluviométricas anuais entre 400 e 600mm, com período seco de nove a dez meses, e temperaturas médias maiores que 18

°C em todos os meses do ano; médias máximas em torno dos 33°C e mínimas de 22°C (IBGE, 2002).

Os solos são de origem cristalina, sendo rasos, pedregosos e de elevada suscetibilidade à erosão, prevalecendo a associação de Neossolos Litólicos, Luvisolos e Afloramentos Rochosos (SILVA, 2014). A área está reservada somente para pesquisa científica, no qual são desenvolvidas várias pesquisas, e, encontra-se em três estágios de regeneração segundo Resolução 139 CONAMA de nº 10, de 01 de outubro de 1993: Estágio inicial (primário), médio (secundário) e avançado (clímax) de regeneração. Esta pesquisa foi desenvolvida nos dois primeiros estágios de regeneração.

Para a caracterização dos atributos funcionais, utilizou-se cinco espécies lenhosas de ocorrência na área nos estágios sucessionais primário e secundário: *Aspidosperma pyrifolium*, *Combretum leprosum*, *Cnidoscolus*

quercifolius, *Croton blanchetianus*, *Poincianella pyramidalis*, *Luetzelburgia auriculata* e *Mimosa tenuiflora*, conforme Alencar (2014). Para cada espécie foram coletadas três amostras de três indivíduos adultos, saudáveis e com portes similares, e coletadas 45 folhas no total. Após isso, foram determinados, a nível de espécie, os atributos funcionais do tamanho das folhas, regime de renovação foliar, área foliar, síndrome e unidade de dispersão, tipo de fruto, sua consistência e deiscência.

Em campo, com auxílio de um podão, foram coletadas folhas saudáveis no terço mediano da copa, utilizando como critério a interceptação luminosa do dossel. As amostras foram armazenadas em sacos plásticos e levadas para o laboratório de Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Campina Grande. Posteriormente, foi obtido o tamanho médio da folha através do uso de uma régua graduada em centímetros (Figura 2).

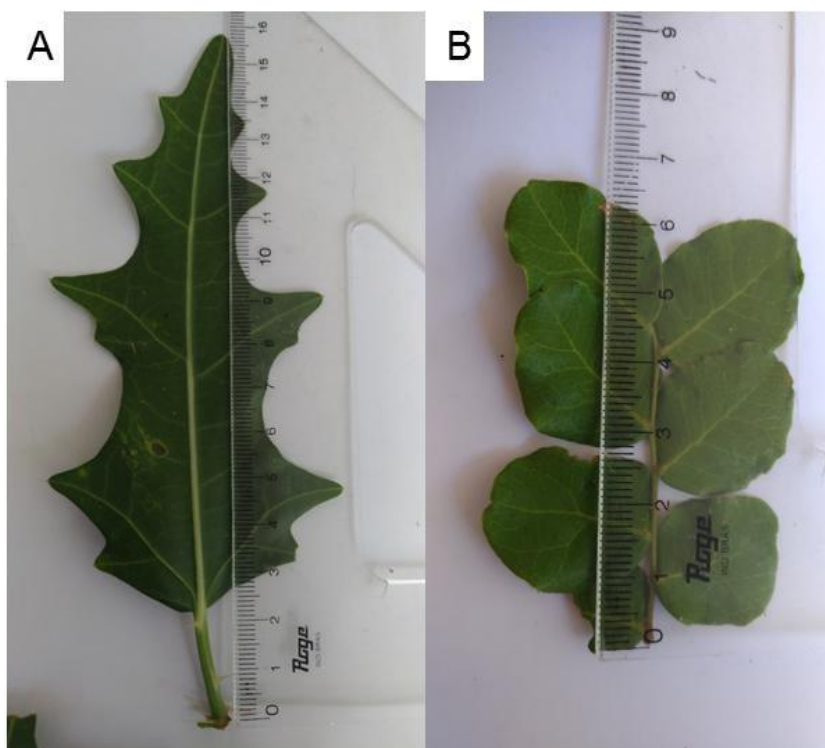


Figura 2. Folhas de *Cnidoscolus quercifolius* Pohl (A) e *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz (B).

A área foliar foi calculada utilizando o software DDA (Determinador Digital de Áreas) versão 1.2, 2008, ofertados pelo programa em cm², onde as folhas foram escaneadas sob material plano de fundo branco.

Resultados e Discussão

Os resultados estão apresentados e discutidos para cada parâmetro do modelo

proposto de acordo com o desenvolvimento do trabalho.

As espécies mais abundantes foram o *Aspidosperma pyrifolium*, *Combretum leprosum*, *Cnidoscolus quercifolius*, *Croton blanchetianus*, *Poincianella pyramidalis*, *Luetzelburgia auriculata* e *Mimosa tenuiflora*.

A Tabela 1 evidencia os resultados da observação em campo, apresentando as informações obtidas sobre a síndrome e

unidade de dispersão, tipo de fruto, consistência e deiscência do fruto.

Tabela 1. Lista das cinco espécies estudadas na Caatinga

Espécie	SD	TF	CF	UD	DF
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	Ane	Cap	FS	S	D
<i>Combretum leprosum</i>	Ane	Sam	FS	F	I
<i>Cnidoscolus quercifolius</i>	Aut	Cap	FS	S	D
<i>Croton blanchetianus</i>	Aut	Cap	FS	S	D
<i>Poincianella pyramidalis</i>	Aut	Leg	FS	S	D

Legenda: Síndrome de dispersão (SD); Tipo de fruto (TF); Consistência do fruto (CF); Unidade de Dispersão (UD); Deiscência do fruto (DF); Anemocoria (Ane); Autocoria (Aut); Cápsula (Cap); Legume (Leg); Sâmara (Sam); Fruto Seco (FS); Fruto Carnoso (FC); Semente (S); Fruto (F); Deiscente (D); e Indeiscente (I).

A maioria das espécies apresentam unidade de dispersão via semente, todas com a consistência do fruto seco. A espécie *Combretum leprosum*, possui dispersão pelo fruto, que segundo Silva et al. (2013), a mesma possui uma estrutura alada do tipo sâmara que garante a sua planação.

Griz e Machado (2001) relatam que, em trabalhos realizados na Caatinga sobre síndrome de dispersão, as formas mais representativas são anemocoria e autocoria. Segundo Lima (2007), isso ocorre na Caatinga devido a existência acentuada sazonalidade dos eventos fenológicos e portanto o predomínio de espécies com estas síndromes.

A síndrome anemocórica ocorre nas espécies *Aspidosperma pyrifolium* e *Combretum leprosum* e a autocoria ocorre nas espécies de *Cnidoscolus quercifolius*, *Croton blanchetianus* e *Poincianella pyramidalis*, *Luetzelburgia auriculata* e *Mimosa tenuiflora* por meio de mecanismos da própria planta através da explosão do fruto e expulsão da semente, que lançam à distância as sementes achatadas, dessa forma a síndrome favorece também, a dispersão a longas distâncias e o estabelecimento do banco de sementes no solo.

A intensidade de cada síndrome de dispersão pode variar de uma área para outra, dependendo do grau de conservação, do estágio de sucessão, da umidade do ambiente e da estrutura vertical da vegetação (FERREIRA, 2013).

Vieira e Scariot (2006) afirmam que, a síndrome de dispersão do tipo anemocórica é mais frequente em florestas secas, sobretudo no início do processo de sucessão ecológica.

Observa-se um predomínio das espécies deiscentes, o que garante a abertura do fruto quando maduro para a liberação das sementes. Apenas a espécie *Combretum leprosum* apresenta o fruto indeiscente.

As espécies apresentam tipos variados de frutos, sendo as espécies *Cnidoscolus quercifolius*, *Croton blanchetianus*, *Aspidosperma pyrifolium* do tipo cápsula; *Luetzelburgia auriculata* e *Combretum leprosum* do tipo sâmara; e *Poincianella pyramidalis*, *Mimosa tenuiflora* do tipo legume. Todas as espécies apresentam frutos secos.

O fruto seco pode estar relacionados diretamente à disponibilidade de água necessária no período da germinação. Ferreira (2013) ressalta que, o fruto seco constitui uma ferramenta importante para o estabelecimento e desenvolvimento da planta em ambientes com deficiência hídrica.

Nogueira et al. (2005) afirmam que, a deficiência hídrica afeta todos os aspectos do crescimento e desenvolvimento das plantas, podendo influenciar no alongamento e na diferenciação celular em função da redução na turgescência da célula, resultando na diminuição do desenvolvimento da área foliar.

Em relação ao regime de renovação foliar, as espécies estudadas são caracterizadas como espécies caducifólias, perdendo completamente as folhas durante a estação seca. O regime de renovação foliar é fortemente influenciado pela pluviosidade da região, na qual Amorim et al. (2009) identificaram a formação de folhas entre os meses de fevereiro a abril para as cinco espécies, no auge do período chuvoso, entre os meses de janeiro a maio. Entretanto, a caducifólia dessas espécies varia de acordo com a necessidade de água de cada uma. No caso das espécies estudadas, todas apresentam deciduidade no período seco do ano.

As espécies *Cnidoscolus quercifolius* e *Combretum leprosum* apresentam os maiores valores no cálculo da área foliar total, sendo ambas correspondentes ao valor de 2.565,7152 cm².

Valores mais baixos foram encontrados em *Aspidosperma pyrifolium* com 641,4288 cm² (Tabela 2).

Tabela 2. Área foliar total (cm²) das cinco espécies em um fragmento em área de Caatinga

Espécie	Área total (cm ²)	Comprimento Médio (cm)
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	641,4288	5,00
<i>Combretum leprosum</i>	2.565,7152	11,13
<i>Cnidoscolus quercifolius</i>	2.565,7152	12,65
<i>Croton blanchetianus</i>	1.924,2844	10,29
<i>Poincianella pyramidalis</i>	1.924,2631	7,32

Na análise do comprimento médio das folhas, as espécies que se destacam com os maiores valores são o *Cnidoscolus quercifolius* seguida pela *Combretum leprosum* e *Croton blanchetianus* com 12,65, 11,13 e 10,29 cm, respectivamente. A espécie *Poincianella pyramidalis* apresenta comprimento médio de 7,32 cm, e a *Aspidosperma pyrifolium* apresenta valores menores que 5,0 cm.

Uma maior área foliar específica representa uma maior taxa fotossintética, e em regiões de precipitação baixa e elevada radiação solar, não representa uma forma eficiente para sobrevivência das espécies em ambientes como a Caatinga, pois o aumento da área foliar específica proporciona maior consumo energético nutricional. Nesses ambientes o controle estomático torna-se importantíssimo, pois otimiza a eficiência do uso da água no período seco devido à elevada evaporação dessa forma, a folha composta constitui um atributo importante no prognóstico da sobrevivência das espécies em ambientes áridos e semiáridos e, na capacidade de regeneração das mesmas nos diferentes estágios sucessionais (CHAVE et al., 2009; TROVÃO et al., 2007).

As espécies *Poincianella pyramidalis* e o *Croton blanchetianus* também apresentam valores semelhantes, enquanto a área total foliar, apenas com pequenas variações decimais. Presume-se que, as folhas analisadas não são senis, visto que, foram coletadas no fim do período chuvoso da região e todas apresentam deciduidade.

Diante disso, Myers e Harms (2009) evidenciam que, o ambiente físico cria condições restritivas, ecológicas e evolutivas que seleciona as espécies a serem instaladas no ambiente e, ainda, enfoca que, espécies com necessidades ecológicas parecidos podem ser encontradas em ambientes de clima parecidos.

A diversidade do fatores ambientais levam ao grupo vegetal a responderem de forma particular às adversidades do meio,

influenciando no tamanho e largura das folhas. Esse impacto proporciona interferência direta no crescimento das plantas, e como elas respondem e se adaptam a essas condições (RIGATTO et al., 2004).

Em estudos realizados com espécies ocorrentes em florestas tropicais secas, Kushwaha et al. (2011) pesquisaram a função dos atributos funcionais de árvores levando em consideração o calendário sazonal de floração e frutificação, concluindo que, a habilidade das espécies de árvores resistentes ou que evitam o estresse hídrico, por meio da deciduidade em diferentes épocas de floração, pode ser considerado como o principal mecanismo de sobrevivência, bem como da reprodução bem sucedida sob clima extremamente seco e sazonal.

Conclusão

Os atributos ecológicos funcionais identificados são representados por espécies de frutos variados, dos tipos cápsula, legume e sâmara, secos e foram classificados como deiscentes e indeiscentes, com folhas pequenas e de grandes áreas foliares.

A deciduidade das espécies constituiu um dos principais mecanismos de sobrevivência em regiões de clima seco e quente na maior parte do ano, como ocorre no bioma Caatinga.

Referências

- ALENCAR, L. dos S. Fitossociologia e levantamento dos estratos herbáceo e arbóreo em estágios sucessionais no núcleo de desertificação do Seridó. 60f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Centro de Saúde e Tecnologia Rural. Universidade Federal de Campina Grande. Patos, 2014.
- ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A.; NASCIMENTO, S. S. Degradação da caatinga: uma investigação ecogeográfica. Revista Caatinga, v.22, n.3, p.126-135, 2009.

- AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, E. L. Fenologia de espécies lenhosas da Caatinga do Seridó, RN. *Revista Árvore*, v.33, n.3, p.491-499, 2009.
- BORGES, C. H. A. Viabilidade fenotípica e caracterização físico-química de farinha de faveleira (*Cnidocolus quercifolius* Pohl.). 77f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Centro de Saúde e Tecnologia Rural. Universidade Federal de Campina Grande. Patos, 2017.
- CIANCIARUSO, M. V.; SILVA, I. A.; MANICA, L. T.; SOUZA, J. P. Leaf habit does not predict leaf functional traits in cerrado Woody species. *Basic and Applied Ecology*, v.14, p.404-412, 2013.
- CHAVE, J.; COOMES, D.; JANSEN, S.; LEWIS, S. L.; SWENSON, N. G.; ZANNE, A. E. Towards a worldwide wood economics spectrum. *Ecology Letters*, v.12, p.351-366, 2009.
- CORNELISSEN, J. H. C. A.; LAVOREL, S. B.; GARNIER, E. B.; DÍAZ, S. C.; BUCHMANN, N. D.; GURVICH, D. E. C.; REICH, P. B. E.; STEEGE, H. F.; MORGAN, H. D. G.; VAN DER HEIJDEN, A. M. G. A.; PAUSAS, J. G. H.; POORTER, H. I. Handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, v.51, n.4, p.335-380, 2003.
- COSTA, C. C. A.; CAMACHO, R. G. V.; MACEDO, I. D.; DA SILVA, P. C. M. Análise comparativa da produção de serapilheira em fragmentos arbóreos e arbustivos em área de caatinga na flona de Açú-RN. *Revista Árvore*, v.34, n.2, p.259-265, 2010.
- ENGEL, V. L.; PARROTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P. Y. OLIVEIRA, R. E. de; MORAES, L. F. D. de; ENGEL, V. L.; MENDES, F. B. G. *Restauração ecológica de ecossistemas naturais*. Botucatu: FEPAF, 2008. p.1-26.
- FERREIRA, K. C. S. Diversidade, estrutura e dispersão de espécies arbóreas e arbustivas em área de caatinga no município de Malta, PB. 93f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Centro de Saúde e Tecnologia Rural. Universidade Federal de Campina Grande. Patos, 2013.
- GRIZ, I. M. S.; MACHADO, I. C. S. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in Caatinga, a tropical dry forest in the Northeast of Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, v.17, p.303-321, 2001.
- IBGE. Mapa de clima do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. 1 mapa. Escala 1:5.000.000.
- Disponível em: <http://geoftp.ibge.gov.br/mapas/tematicos/mapas_murais>. Acesso em: 10 de maio de 2019.
- KUSHWAHA, C. P.; TRIPATHI, S. K.; SINGH, K. P. Tree specific traits affect flowering time in Indian dry tropical forest. *Plant Ecology*, v.212, p.985-998, 2011.
- LIMA, A. L. A. Padrões fenológicos de espécies lenhosas e cactáceas em uma área do semiárido do nordeste do Brasil. 71f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2007.
- MATTOS, E. A.; BRAZ, M. I. G.; CAVALIN, P. O.; ROSADO, B. H. P.; GOMES, J. M.; MARTINS, L. S. T.; ARRUDA, R. C. O. Variação espacial e temporal em parâmetros fisioecológicos de plantas. In: ROCHA, C. F. D.; ESTEVES, F. A.; SCARANO, F. R. *Pesquisas de longa duração de Jurubatiba: ecologia, história natural e conservação*. São Carlos: RiMa, 2004. p.99-116.
- MYERS, J. A.; HARMS, K. E. Seed arrival, ecological filters, and plant species richness: a meta-analysis. *Ecology Letters*, v.12, p.1250-1260, 2009.
- NAEEM, S. Biodiversity and ecosystem functioning in restored ecosystems: extracting principles for a synthetic perspective. In: FALK, D. A.; PALMER, M. A.; ZEDLER, J. B. *Foundations of restoration ecology*. Washington: Island Press, 2006. Cap. 10, p.210-237.
- NOGUEIRA, R. J. M. C.; ALBUQUERQUE, M. B.; SILVA, E. C. Aspectos ecofisiológicos da tolerância à seca em plantas da caatinga In: NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAÚJO, E. L.; WILLADINO, L. G.; CAVALCANTE, U. M. T. *Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas*. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, p.22-31, 2005.
- NORBERG, J.; SWANEY, D. P.; DUSHOFF, J.; LIN, CASAGRANDE, J. R.; LEVIN, S. A. Phenotypic diversity and ecosystem functioning in changing environments: a theoretical framework. In: National Academy of Science, 2001, USA. *Anais...USA*, 2001. p.11376-11381.
- PEREIRA JÚNIOR, L. R.; ANDRADE, A. P. ARAÚJO, K. D. Composição florística e fitossociológica de um fragmento de Caatinga em Monteiro, PB. *HOLOS*, v.28, n.6, p.73-87, 2012.
- PELTZER, D. A.; WARDLE, D. A.; ALLISON, V. J.; BAISDEN, W. T.; BARDGETT, R. D.; CHADWICK, O. A.; CONDRON, L. M.; PARFITT, R. L.; PORDER, S.; RICHARDSON, S. J.; TURNER, B. L.; VITOUSEK, P. M.; WALKER, J.; WALKER, L. R. Understanding ecosystem retrogression. *Ecological Monographs*, v.80, p.509-529, 2010.

- PÉREZ-HARGUINDEGUY, N.; DÍAZ, S.; GARNIER, E.; LAVOREL, S.; POORTER, H.; JAUREGUIBERRY, P.; BRET-HARTE, M. S.; CORNWELL, W. K.; CRAINE, J. M.; GURVICH, D. E.; URCELAY, C.; VENEKLAAS, E. J.; REICH, P. B.; POORTER, L.; WRIGHT, I. J.; RAY, P.; ENRICO, L.; PAUSAS, J. G.; DE VOS, A. C.; BUCHMANN, N.; FUNES, G.; QUÉTIER, F.; HODGSON, J. G.; THOMPSON, K.; MORGAN, H. D.; TER STEEGE, H.; VANDERHEIJDEN, M. G. A.; SACK, L.; BLONDER, B.; POSCHLOD, P.; VAIERETTI, M. V.; CONTI, G.; STAYER, A. C.; AQUINO, S.; CORNELISSEN, J. H. C. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide, *Australian Journal of Botany*, v.61, p.167-234, 2013.
- RIGATTO, P. A.; DEDECEK, R. A.; MATTOS, J. L. M. Influência dos atributos do solo sobre a qualidade da madeira de pinus taeda para produção de celulose kraft. *Revista Árvore*, v.28, n.2, p.267-273, 2004.
- RODAL, M. J. N.; COSTA, K. C. C. C.; SILVA, A. C. B. L. Estrutura da vegetação caducifolia espinhosa (Caatinga) de uma área do sertão central de Pernambuco. *Hoehnea*, v.35, n.2, p.209-217, 2008.
- SANTANA, J. A. S.; SOUTO, J. S. Diversidade e estrutura fitossociológica da caatinga na estação ecológica do Seridó, RN. *Revista de Biologia e Ciência da Terra*, v.6, n.2, p.232-242, 2006.
- SILVA, A. C. C.; PRATA, A. P. N.; MELLO, A. A.; SANTOS, A. C. A. S. Síndromes de dispersão de Angiospermas em uma Unidade de Conservação na Caatinga, SE, Brasil. *Hoehnea*, v.40, n.4, p.601-609, 2013.
- SILVA, A. C. F. Produção, acúmulo e decomposição da serrapilheira e repartição da precipitação pluviométrica por espécies da caatinga. 62f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Macaíba, 2014.
- SILVA, S. O.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; LIRA, M. A. ALVES JUNIOR, F. T.; CANO, M. O. O.; TORRES, J. E. L. Regeneração natural em um remanescente de caatinga com diferentes históricos de uso no agreste pernambucano. *Revista Árvore*, v.36, n.3, p.441-450, 2012.
- TROVÃO, D. M. DE B. M.; FERNANDES, P. D.; LEONALDO, A. A.; DANTAS NETO, J. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, n.3, p.307-311, 2007.
- VALLADARES, F.; BRITES, D. Leaf phyllotaxis: Does it really affect light capture? *Plant Ecology*, v.174, n.1, p.11-17, 2004.
- VIEIRA, D. L. M.; SCARIOT, A. Principles of natural regeneration of tropical dry forests for restoration. *Restoration Ecology*, v.14, n.1, p.11-20, 2006.
- VIOLLE, C.; NAVAS, M. L.; VILE, D.; KAZAKOU, E.; FORTUNEL, C.; HUMMEL, I.; GARNIER, E. Let the concept of trait be functional. *Oikos*, v.116, n.5, p.882-892, 2007.
- WEBB, C. T.; HOETING, J. A.; AMES, G. M.; PYNE, I. M.; LEROY, N. A structured and dynamic framework to advance traits-based theory and prediction in ecology. *Ecology Letters*, v.13, n.3, p.267-283, 2010.

Capítulo 10

QUALIDADE FÍSICA DE UM LATOSSOLO VERMELHO EUTROFÉRRICO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO

Wellington da Silva Guimarães Júnnyor¹

Camila Cassante de Lima²

Ingrid Nehmi de Oliveira³

Isabella Clerici De Maria⁴

Reginaldo Barbosa Silva⁵

¹Pós-Doc, Instituto Agronômico – IAC, Campinas – SP, wellington.junnyor@iac.sp.gov.br

²Doutoranda em Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ/USP, Piracicaba – SP, camila.cassante@gmail.com

³Doutoranda em Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas – SP, ingrid.nehmi@gmail.com

⁴Pesquisadora Científica, Instituto Agronômico – IAC, Campinas – SP, icdmaria@iac.sp.gov.br

⁵Professor Titular, UNESP/Campus Registro, regbarboza@gmail.com

Introdução

A compactação do solo é uma das principais causas de degradação física do solo, sendo uma das limitações para alcançar o desenvolvimento sustentável das culturas, e está relacionada com o tráfego de máquinas e implementos agrícolas (CHEN et al., 2014). A compactação do solo é uma alteração estrutural em que ocorre a reorganização das partículas e de seus agregados, resultando em aumento da densidade do solo e diminuição da porosidade total e da macroporosidade do solo (STONE et al., 2002). Essa alteração da estrutura do solo está relacionada a vários fatores, incluindo a textura do solo (LARSON et al., 1980; IMHOFF et al., 2004), teor de carbono orgânico (STONE & EKWUE, 1995), teor de água no solo durante as operações agrícolas (HORN et al., 1995) e carga das máquinas agrícolas, das dimensões e da interação dos pneus com o solo e da velocidade do tráfego (LEBERT et al., 1989).

A compactação do solo provocada pelo tráfego das máquinas agrícolas e implementos tem se tornado cada vez mais preocupante, denotando a necessidade de estratégias de manejo que possam evitar a compactação ou minimizar seus efeitos na estrutura do solo (SEVERIANO et al., 2010; GUIMARÃES JÚNNYOR et al., 2019).

Neste contexto, a agricultura conservacionista surge como opção para desempenhar esse papel de manter a qualidade e evitar degradação das propriedades do solo (JIMENEZ et al., 2008). De acordo com De Maria (2015), os sistemas conservacionistas têm dois princípios que auxiliam a melhorar a resistência do solo à compactação, a cobertura vegetal permanente do solo e o mínimo revolvimento da superfície.

Desta forma, o sistema plantio direto, por manter a cobertura vegetal e revolver o solo apenas na linha de plantio, é considerado um sistema conservacionista. Apesar da compactação do solo ser um processo inerente do sistema de plantio direto, entretanto, esse sistema possui características que podem ser maximizadas a fim de reduzir o processo de compactação e suas consequências. Dentre essas, destaca-se a contínua adição superficial de resíduos vegetais, que formam uma cobertura morta e enriquecem as camadas superficiais com matéria orgânica (STONE et al., 2006).

Tais materiais orgânicos podem atuar de diferentes formas no solo, ainda íntegros na superfície do solo, amortecem parte da pressão exercida pelos rodados das máquinas e pelo pisoteio animal; posteriormente, a matéria orgânica do solo resultante da decomposição dos resíduos aumenta a estabilidade de agregados, a elasticidade e a resistência do solo à compactação (DEVINE et al., 2014).

A qualidade do solo agrícola é considerada sobre três aspectos, físico, químico e biológico, sendo importantes nas avaliações da extensão da degradação ou melhoria da qualidade física do solo, assim como na identificação da sustentabilidade dos sistemas de manejo. Atributos do solo, tais como densidade (Ds), porosidade, estabilidade de agregados (TROLEIS et al., 2017), curva característica de retenção de água (CRA) (FILGUEIRAS et al., 2016), resistência à penetração e resistência (RP), resistência tênsil de agregados (RT) (PEDRAZA, 2017), Intervalo Hídrico Ótimo (IHO) (TORMENA et al., 1998) e o índice “S” (ANDRADE & STONE, 2009) têm sido comumente utilizados como indicadores de

qualidade física. Vale ressaltar, ainda, que os atributos mecânicos do solo que avaliem a compactação, como, por exemplo, a pressão de preconsolidação (σ_p) (DIAS JUNIOR, 2000) são necessários em estudos desta natureza.

A identificação de indicadores sensíveis aos impactos da compactação superficial do solo em diferentes sistemas de manejo do solo se torna uma ferramenta fundamental na definição de estratégias de manejo que minimizem os impactos sobre a estrutura do solo (GUIMARÃES JÚNNYOR et al., 2019).

Diante disto, o objetivo deste trabalho é avaliar a qualidade física do solo sob diferentes manejos com e sem revolvimento do solo, através de indicadores físico-hídricos e mecânicos do solo em um LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico, no município de Campinas-SP.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em Campinas (SP) na Fazenda Experimental do Instituto Agrônomo (Fazenda Santa Elisa), nas coordenadas 22°9' latitude sul e 41°1' longitude oeste. O solo da área experimento é classificado como um LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico (SANTOS et al., 2018). O clima da região é tropical úmido do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen, com precipitação média de 1400mm.

Utilizaram-se três diferentes sistemas de manejo localizados na Fazenda Experimental, sistema de preparo convencional (PC) e sistema de plantio direto (PD), em áreas irrigadas por pivô central. As áreas foram cultivadas na safra de verão com soja e logo após a colheita da soja, foi cultivado com trigo. A área de referência foi mata nativa (MN), localizada a 80 m da área experimental, porém na mesma classe de solo, áreas de mata nativa geralmente são usadas como referência em estudos sobre os efeitos dos sistemas de manejo (ARGENTON et al., 2005).

No PC, realizou-se o preparo do solo com arado de discos seguido por uma gradagem leve, sendo todos os restos culturais remanescentes incorporados ao solo, essa área vem sendo utilizada com PC por mais de 10 anos. No PD a área vem sendo cultivada no sistema plantio direto por mais de 10 anos, considerando um sistema de plantio direto consolidado.

Em agosto de 2014, imediatamente após a colheita do trigo coletaram-se amostras indeformadas de solo em quatro trincheiras (repetições), abertas aleatoriamente dentro de cada parcela (tratamento).

Para cada tratamento, foram coletadas 20 amostras indeformadas, distribuídas na profundidade de 0,00–0,10 m. As amostras indeformadas foram coletadas com o auxílio de um amostrador de Uhland e anéis de aço inoxidável com diâmetro aproximado de 0,69 e 0,25 m de altura.

A capacidade de campo foi obtida em amostras indeformadas submetidas ao potencial mátrico (Ψ_m) de 10 kPa, em mesa de tensão, e o ponto de murcha permanente (Ψ_m), de 1.500 kPa, em aparelho extrator de Richards (KLUTE, 1986).

A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta, utilizando como dispersante químico 10 mL de hidróxido de sódio (NaOH) e hexametáfosfato de sódio e agitação lenta durante 16 h em agitador do tipo Wagner com velocidade de 30 rotações/min (CAMARGO et al., 2009), e ainda de acordo com esses autores realizou a análise de argila dispersa em água.

A densidade do solo (D_s), foi determinada pelo método do anel volumétrico (BLAKE & HARTGE, 1986). A Densidade de partículas (D_p) foi obtida pelo método do balão volumétrico de acordo com Blake & Hartge, (1986) (Tabela 1). A porosidade total (TP) foi calculada, a partir da razão entre D_s e D_p , de acordo com Camargo et al. (2009).

As amostras foram submetidas ao potencial matricial de 6 kPa até o equilíbrio hidráulico. Nessa situação, o teor de água obtido foi considerado equivalente à microporosidade (Mic) (TEIXEIRA et al., 2017), e a macroporosidade (Mac) foi obtida pela diferença entre PT e Mic (CAMARGO et al., 2009). Neste estudo, duas classes de poros foram definidas: i) macroporos como os poros maiores que 50 μm ; ii) microporos estão entre 0,2 e 50 μm (KLEIN & LIBARDI, 2002).

Para determinar a curva de retenção de água do solo (CRA), as amostras com estrutura preservada foram saturadas gradualmente por capilaridade e submetidas aos potenciais matriciais (Ψ_m) 0; 2; 6; 10 kPa, usando mesas de tensão, 33; 70; 100; 500 MPa foram obtidos nas câmaras Richards (TEIXEIRA et al., 2017). Utilizou-se amostras deformadas para os potenciais de 1.000 e 1.500 kPa até atingir o equilíbrio hidráulico em aparelhos extratores de Richards (TEIXEIRA et al., 2017). As curvas de retenção de água foram ajustadas de acordo com o ajuste de Van Genuchten (1980) utilizando o software Soil Water Retention Curve - SWRC (DOURADO NETO et al., 2001).

Para cálculo do Índice S foi realizado de acordo Dexter (2004). O IHO foi determinado, conforme descrito em Silva et al. (1994), para cada amostra, e o valor da densidade do solo conhecido. Os valores críticos para o crescimento das culturas associados com o potencial mátrico, resistência do solo e porosidade de aeração foram, respectivamente a capacidade de campo (θ_{CC}) ou conteúdo de água no potencial mátrico de 10 kPa, o ponto de murcha permanente (θ_{PMP}) ou conteúdo de água no potencial mátrico de 1.500 kPa, o conteúdo de água no solo em que a resistência (θ_{RP}) atinge 2 MPa, e o conteúdo de água no solo em que a porosidade de aeração (θ_{PA}) é de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. Os valores de θ_{CC} e θ_{PMP} foram obtidos nos potenciais mátricos de 10 e 1.500 kPa, utilizando a curva de retenção. O valor de θ_{PA} , em que a porosidade de aeração é de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, foi obtido por $[(1 - (Ds/Dp) - 0,1)]$.

O IHO foi calculado como a diferença entre o limite superior e inferior dos conteúdos de água em que ocorrem os parâmetros físicos considerados. O limite superior é o menor valor de θ considerado na capacidade de campo ou na porosidade com ar de 10%, e o limite inferior é o maior valor de θ na resistência de 2 MPa ou no ponto de murcha permanente.

Os valores da resistência à penetração (RP) foram obtidos utilizando um penetrômetro eletrônico de bancada, com velocidade constante (10 mm/min) em amostras contidos em anéis cilíndricos de aço com diâmetro e altura de 0,5 m e equilibrados ao potencial mátrico de 100 kPa.

Os ensaios de compressão uniaxial foram realizados em um Consolidômetro automático com interação homem máquina (IHM), modelo CNTA-IHM/BR-001/07, desenvolvido por Silva et al. (2015). Os níveis de tensão aplicados as amostras foram de 25, 50, 100, 200, 400, 800 e 1600 kPa, até atingir 95% da deformação máxima do solo (SILVA et al., 2000). Por meio do software CA LINKER desenvolvido por Silva et

al. (2015), os valores de tensão e deformação foram devidamente tratados e plotados em um gráfico, obtendo-se, assim, a curva de compressão do solo (densidade do solo em função do logaritmo das tensões aplicadas).

A partir da curva de compressão foi estimada a σ_p , conforme o método proposto por Dias Junior, (1994). Para obtenção do modelo do comportamento compressivo do solo sob Mata Nativa foram coletadas 20 amostras, as quais foram submetidas aos conteúdos de água de 0,05; 0,14; 0,23; 0,32 e 0,60 (saturado) kg kg^{-1} . Para os demais tratamentos (Preparo Convencional e Plantio Direto) foram fixados dois teores de água (0,14 e 0,32 kg kg^{-1}), sendo necessárias, 5 amostras para teor de água, contabilizando um total 50 amostras.

Os valores de σ_p obtidos para a Mata Nativa foram plotados em função da umidade (U) e ajustados ao modelo $\sigma_p = 10^{(a+bU)}$, proposto por Dias Junior (1994), o qual foi tomado como referência na verificação de alteração do comportamento compressivo dos diferentes tipos de usos do solo. Para isto foi empregado o uso de intervalo de confiança (95%). Posteriormente, os valores obtidos de σ_p para estes tratamentos foram plotados no modelo da mata, tomado como controle.

Para análise estatística dos dados foi aplicado o teste F ($p < 0,05$) e se constatada a significância, a comparação múltipla das médias foi feita pelo teste de Scott Knott. Para realização de análises estatísticas foi utilizado o software SISVAR (FERREIRA, 2000).

Resultados e Discussão

As características físicas do LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico encontram-se apresentadas na Tabela 1. Foi constatado que a área sob preparo convencional apresenta maior teores de silte e argila, já a área de mata nativa apresenta os menores valores de argila ($0,42 \text{ kg kg}^{-1}$).

Tabela 1. Caracterização física do LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico na camada de 0,00 a 0,10 m, utilizado no experimento

Sistema de manejo	Areia Grossa	Areia Fina	Argila	Silte	ADA ^a	IF ^b	Dp ^c
	----- kg kg^{-1} -----					(%)	kg dm^{-3}
Preparo Convencional	0,01	0,01	0,64	0,34	0,36	43,05	3,21
Plantio Direto	0,18	0,10	0,60	0,12	0,32	47,24	3,14
Mata Nativa	0,28	0,15	0,42	0,15	0,31	27,80	2,83

^aArgila Dispersa em Água; ^bÍndice de Floculação; ^cDensidade de partículas.

Os resultados referentes aos dados de massa e volume dos constituintes do solo apresentam-se significativos (Figura 1). A maior densidade do solo ($1,28 \text{ g cm}^{-3}$) no tratamento sob plantio direto (PD) ocorreu devido ao não revolvimento do solo, somado ao acúmulo de tensões das máquinas utilizadas nas operações de plantio, controle de pragas e doenças, plantas daninhas e a colheita. As partículas do solo aproximaram-se tornando a camada superficial do solo (0,00 a 0,10 m) mais densa.

A maior compactação do solo na camada superficial para o sistema plantio direto, tendo como consequência do movimento de máquinas na área, sem o posterior revolvimento, promove o aumento do grau de empacotamento das partículas, reduzindo o volume de vazios e aumentando a Ds em relação ao preparo convencional foi observada por vários autores Aratani et al. (2009); Gozubuyuk et al. (2014).

O solo sob sistema convencional de preparo do solo apresenta valor médio dentre os avaliados, com densidade do solo de $1,13 \text{ g cm}^{-3}$ muito provavelmente devido ao preparo do solo que é realizado de forma convencional com implementos agrícolas ocorrendo o revolvimento do solo.

O solo sob vegetação natural (Mata) difere dos demais tratamentos e apresenta baixa Ds ($0,92 \text{ g cm}^{-3}$) em função do maior conteúdo de matéria orgânica aliado a inexistência de interferência antrópica na área. Os resultados observados neste estudo corroboram com os verificados por Gozubuyuk et al. (2014). Esses autores observaram que os sistemas de preparo do solo PC e PD diferiram da MN, em função do tráfego de máquinas e menores teores de carbono orgânico total (COT).

Aratani et al. (2009) em um estudo de qualidade física do solo também encontraram maiores valores de densidade do solo no sistema plantio direto. Estes resultados são normalmente encontrados em estudos deste tipo, pois neste sistema, apesar do revolvimento do solo ser restrito à linha de semeadura, o tráfego de máquinas ocorre normalmente em toda extensão da área, resultando num aumento da densidade nas camadas superficiais do solo (ASSIS & LANÇAS, 2005).

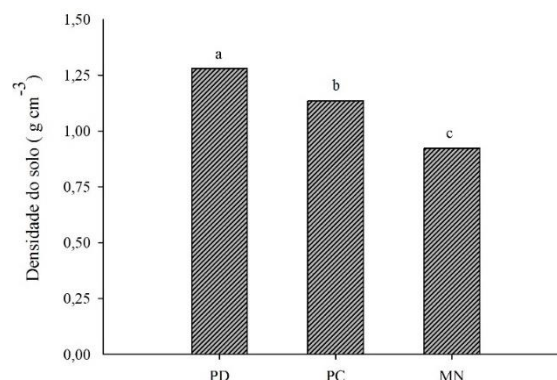


Figura 14. Valores médios da densidade do solo na camada de 0,00 a 0,10 m obtidos nos distintos sistemas de manejos do solo. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$). PD: Plantio Direto, PC: Preparo Convencional, MN: Mata Nativa.

Os dados de porosidade total (Figura 2) são corroborados pelos resultados da densidade do solo. O solo sob Mata possui a maior porosidade total (67%) e é o único tratamento no qual a macroporosidade apresenta-se superior a microporosidade, evidenciando a qualidade do solo sob vegetação natural devido ao arranjo das partículas do solo junto às raízes que são capazes de formar poros estáveis. Esta situação é comum, já que a ação antrópica está relacionada com a compactação do solo pelo uso de máquinas e implementos, com a redução dos teores de matéria orgânica (SILVA & KAY, 1997) e com a menor estabilidade estrutural do solo (HORN et al., 1995).

No entanto quando se considera que um solo em condições ideais deve apresentar 1/3 da porosidade total formada por macroporos e os 2/3 restantes por microporos, estabelecendo uma relação macroporos/microporos igual a 0,5 (KIEHL, 1979), tal resultado demonstra que a elevada macroporosidade não é benéfica para a retenção de água pelo solo.

No PD o acúmulo das tensões provenientes das operações de manejo refletiu na densidade e, por conseguinte na porosidade total do solo que foi reduzida. Devido ao processo de compactação da camada superficial do solo os poros mais afetados são os de aeração (macroporos) pela aproximação das partículas do solo elevando os microporos.

O mesmo comportamento ocorre no solo sob sistema de cultivo convencional devido às operações mecanizadas. No entanto, o solo do sistema PC não difere do solo da Mata quanto a

porosidade total, pois o preparo do solo rompe a estrutura, aumentando a porosidade total.

Apesar desta situação ser característica do estado de compactação, o que pode ser confirmado pelo aumento na densidade do solo, a média dos valores de macroporosidade nas

áreas do PD e PC está acima daquela preconizada por Thomasson (1978) e Gupta e Allmaras (1987) como mínima para o crescimento e satisfatória para as plantas, ou seja, $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$.

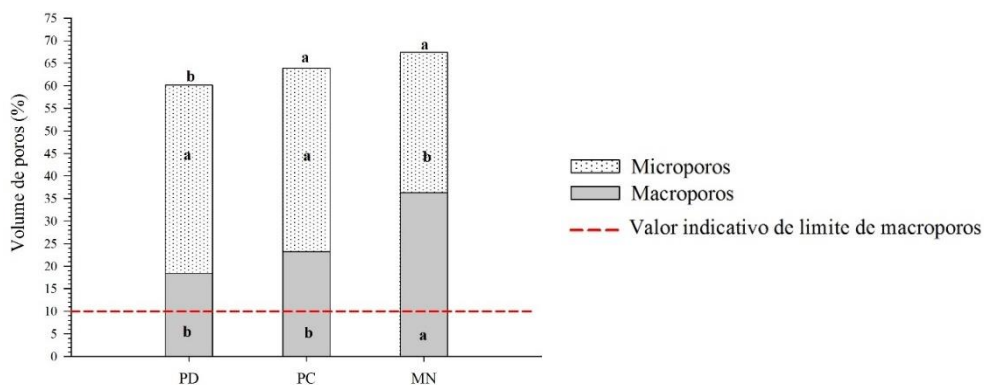


Figura 15. Valores médios da porosidade total, macroporosidade e microporosidade da camada de 0,00 a 0,10 m obtidos nos distintos sistemas de manejos do solo. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$). PD: Plantio Direto, PC: Preparo Convencional, MN: Mata Nativa.

Os sistemas de uso do solo também alteraram a forma da curva de retenção de água até o potencial de 100 kPa. Observa-se em todas as curvas que, a partir do potencial mátrico de 500 kPa os conteúdos de água em cada tensão avaliada apresentam-se próximos (Figura 3).

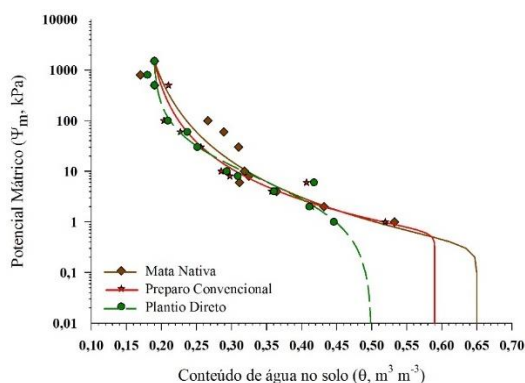


Figura 3. Curvas de retenção de água do solo obtidos nos diferentes sistemas de manejos.

A Mata Nativa é o tratamento que apresenta maior macroporosidade em relação à microporosidade, a água contida nos macroporos foi facilmente drenada pela gravidade, ficando retida somente nos microporos (em menor proporção). A maior porosidade total do solo sob Mata levou ao maior conteúdo de água na Capacidade de Campo (CC) e de Água Disponível (AD) (Tabela 2).

Tabela 2. Capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP) e água disponível (AD) da camada de 0,00 a 0,10 m obtidos nos distintos sistemas de manejos do solo

Uso/manejos	CC	PMP	AD
Preparo Convencional	0,306 c	0,190 a	0,116 c
Plantio Direto	0,317 b	0,190 a	0,127 b
Mata Nativa	0,323 a	0,190 a	0,133 a

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

Os sistemas de preparo PD e PC diferem na retenção de água nos potenciais matriciais entre 2 e 500 kPa. A maior porosidade total no PD reflete na retenção de água dos macroporos, elevando o conteúdo de água nos potenciais que englobam a CC e a AD.

Ao analisar a Tabela 3, verifica-se que os solos do estudo possuem boa qualidade e

permitem o desenvolvimento das culturas vegetais, considerando que Dexter (2004) atribuiu a boa qualidade física aos solos que tivessem Índice S > 0.035. Marchão et al. (2007) também encontraram variação para o índice S em função do sistema de uso e manejo, os valores do índice S foram sempre superior ao observado por Dexter (2004).

Tabela 3. Índice S e Intervalo Hídrico Ótimo (IHO) da camada de 0,00 a 0,10 m obtidos nos distintos sistemas de manejos do solo

Uso/manejos	Índice S	IHO (m ³ m ⁻³)
Convencional	0,139 a	0,23 a
Plantio Direto	0,068 d	0,09 c
Mata Nativa	0,123 c	0,11 b

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

A redução do índice S no sistema de preparo plantio direto pode estar associado à redução da distribuição de frequência de poros, resultando em um achatamento vertical da curva de retenção de água, pela redução dos poros estruturais. Isso demonstra que a perda da qualidade física em relação ao preparo convencional ocorreu principalmente pela redução da macroporosidade e incremento da densidade do solo. Avaliando o índice S em preparo convencional e plantio direto, Aratani et al. (2009) também encontrou menor valor S em plantio direto em relação ao plantio convencional na camada 0,00–0,10 m e associou o resultado aos maiores valores de Ds nesta camada no sistema plantio direto.

Ainda de acordo com a Tabela 3, ao analisar o IHO, o tratamento no qual este índice mais se aproxima de 0 é o PD devido à sua elevada densidade do solo, sendo este limitado pela resistência à penetração (limite inferior) que assume maior importância relativa em termos de limitações ao crescimento radicular e pela capacidade de campo (limite superior).

Para os demais tratamentos, a CC e a PMP são os limites superior e inferior, respectivamente. Os melhores índices são observados no PC indicando que este sistema de manejo oferece menores restrições físicas às plantas na camada avaliada. Resultados similares aos obtidos neste estudo foram constatados por Cavalieri et al. (2006) que verificaram maiores valores do IHO em solo sob preparo convencional, possibilitando ambiente físico do solo mais favorável às raízes das plantas. Os resultados obtidos neste estudo indicam que, as restrições físicas aumentam com a redução do revolvimento do solo, sendo

maior no PD. Neste sentido, a qualidade física do solo às plantas pode ser modificada pelas condições climáticas, mantendo a umidade do solo dentro dos limites do IHO. O monitoramento da umidade (θ) é fundamental para futuras pesquisas envolvendo o IHO e sistemas de preparo, a frequência de ocorrência de (θ) dentro dos limites do IHO depende do manejo do solo (SILVA & KAY, 1997) e tem relação com o crescimento das plantas, como foi constatado por Silva e Kay (1996).

Os resultados da resistência à penetração (Figura 4) evidenciam que há compactação da camada superficial do solo em sistema de plantio direto em função da não mobilização do solo e a maiores densidades encontradas nestes sistemas. O sistema com PD apresenta RP de 3,42 MPa, considerada por alguns autores, resistência crítica ao desenvolvimento do sistema radicular de culturas.

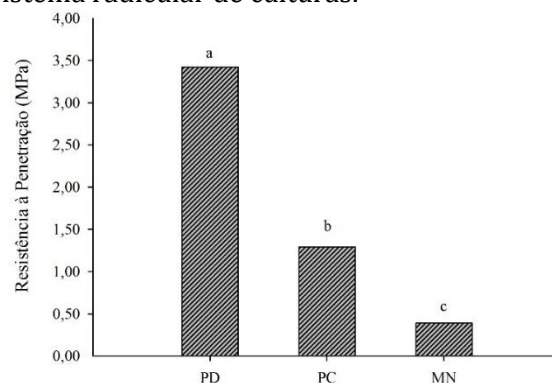


Figura 16. Valores médios da Resistência à Penetração do solo da camada de 0,00 a 0,10 m obtidos nos distintos sistemas de manejos do solo. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$). PD: Plantio Direto, PC: Preparo Convencional, MN: Mata Nativa.

O contrário ocorre com o solo sob plantio convencional, cuja resistência à penetração dada em conteúdo de água correspondente ao potencial mátrico de 100 kPa é de 1,29 MPa, considerada não impeditiva ao desenvolvimento radicular. Menor RP encontra-se no PC devido ao preparo da camada superficial do solo. Evidências de processos de compactação em sistemas de cultivo convencionais são vistas em camadas subsuperficiais (>0, 20 m) onde ocorre o acúmulo de tensões dos rodados agrícolas.

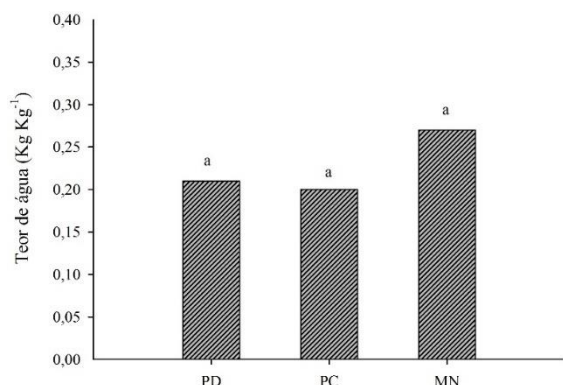


Figura 17. Conteúdo de água do solo da camada de 0,00 a 0,10 m obtidos nos distintos sistemas de manejos do solo no momento da condução do ensaio de Resistência à penetração. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$). PD: Plantio Direto, PC: Preparo Convencional, MN: Mata Nativa.

Na Tabela 4 constam os valores médios de σ_p (kPa) de amostras submetidas aos diferentes conteúdos de água (0,14 e 0,32 kg kg⁻¹). Nota-se que independente dos manejos, os valores médios de σ_p reduzem significativamente quando estas amostras são analisadas a 0,32 kg kg⁻¹. Quando se compara o efeito dos manejos para o mesmo teor de água, verifica-se que aos 0,14 kg kg⁻¹ não apresenta diferença significativa entre os tratamentos, revelando o impacto positivo dos manejos estudados quanto a degradação de sua estrutura pois, assemelham-se estatisticamente com os valores obtidos na Mata.

Tabela 4. Valores médios de σ_p (kPa) de corpos-de-prova da camada de 0,00 a 0,10 m obtidos nos distintos sistemas de manejos do solo, submetidos a diferentes conteúdos de água (0,14 e 0,32 kg kg⁻¹)

Uso/manejos	Conteúdo de água (kg kg ⁻¹)	
	0,14	0,32
	σ_p	
Preparo Convencional	361 aA	117 bB
Plantio Direto	372 aA	204 aB
Mata Nativa	420 aA	116 bB

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas e letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si, pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

Aos 0,32 kg kg⁻¹, verifica-se que há diferença estatística entre os manejos. Além da significativa redução valores médios de σ_p para esta condição de umidade, isto revela baixa capacidade de suporte de carga deste solo e possivelmente a suscetibilidade a compactação em maiores conteúdos de água. Silva et al. (1999) observaram que, os valores de pressão de preconsolidação decresceram de forma logarítmica com o aumento do grau de saturação. Segundo Larson et al. (1980);

McNabb et al. (2001); Sánchez-Girón et al. (2001), a água atua como lubrificante entre as partículas, permitindo o seu deslocamento. Esse deslocamento é favorecido à medida que há incremento da umidade do solo resultando redução do número de contatos entre as partículas, diminuindo as forças de ligação entre elas e, por sua vez, reduzindo a capacidade de suporte de carga.

Esta baixa capacidade de suporte de carga do solo deve-se ao manejo da camada

superficial do solo de cada tratamento. O PD diferencia-se dos demais manejos em razão de seu histórico de tensão na camada de 0,00 a 0,10 m não revolvida por implementos agrícolas, elevando sua CSC devido ao acirramento de sua estrutura. Por outro lado, a σ_p revela o histórico de tensão que o solo já sofreu.

Valores maiores de pressão de preconsolidação em área sob plantio direto em comparação ao sistema convencional foram observados por diversos autores, entre os quais, Reinert (1990), Carpenedo (1994), Dias Junior (1994) e Silva et al. (2002), que relataram que o fato do sistema de plantio direto suporta níveis de pressões mais elevados, constitui uma vantagem em relação a sua trafegabilidade.

Diversos trabalhos mostram que a capacidade de suporte de carga relaciona-se inversamente com a umidade do solo (HORN et al., 1995; ALEXANDROU & EARL, 1998; KONDO & DIAS JUNIOR, 1999). A umidade do solo é um fator amplamente reconhecido como determinante do processo de compressão e da magnitude da deformação de determinado tipo de solo.

Considerando que, o modelo da capacidade de suporte de carga do solo (MCSC) prediz a máxima tensão que o solo pode suportar sem sofrer compactação adicional e, portanto, degradação da estrutura do solo em função da tensão de preconsolidação e da umidade, foi tomado como controle o MCSC da Mata Nativa e os valores de σ_p dos demais tratamentos foram plotados no modelo como base do grau de alteração estrutural do solo sob distintos manejos (Figura 6).

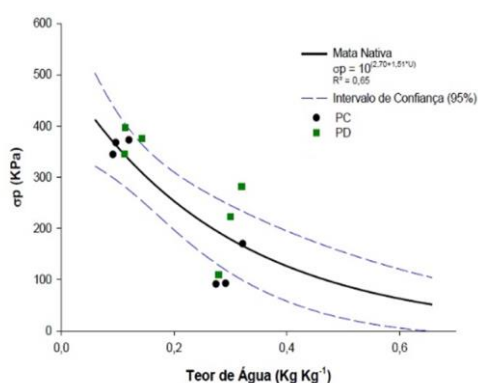


Figura 18. Modelo de capacidade de suporte de carga do solo ($\sigma_p = 10^{(a+bU)}$) ajustado com valores de σ_p obtidos pela metodologia de Dias Junior (1994) para a camada de 0,00 a 0,10 m da Mata Nativa e valores de σ_p obtidos para os distintos sistemas de manejos do solo.

As elevadas pressões de preconsolidação no modelo da Mata estão associados ao próprio modelo de estruturação do solo devido à presença abundante de sistema radicular. No entanto, a 0,14 kg kg⁻¹ os demais manejos encontram-se dentro do intervalo de confiança (95%) da Mata Nativa indicando um condicionamento e melhoria na estrutura do solo e por conseguinte melhoria na qualidade física e mecânica dos solos.

Para o PD a 0,32 kg kg⁻¹, observa-se que os valores de σ_p estão fora do Intervalo de Confiança (95%), sendo superiores estatisticamente aos valores encontrados para a mata nativa e demais manejos, indicando maior acirramento de partículas e maior relação de massa e volume. Destaca-se que o conteúdo de água nesse caso é o fator que governa a quantidade de deformação que ocorre no solo, por isso ocorre um decréscimo nos valores de σ_p com o aumento da umidade do solo.

O aspecto mitigador do uso do solo com preparo da camada superficial do solo em PC, é observada pela redução (abaixo do intervalo de confiança) nos valores de σ_p , denotando alívio das tensões do solo. Enquanto que na metodologia de Dias Junior (1994) os manejos seguem a ordem Mata > PD > PC.

Conclusão

Os atributos físicos relacionados ao fornecimento de água para as plantas indicaram melhor qualidade do solo na camada superficial no solo em sistema convencional de preparo do solo. Por outro lado, os atributos relacionados com a estabilidade da estrutura indicaram melhor qualidade no sistema plantio direto.

A pressão de preconsolidação foi maior no plantio direto devido ao acúmulo das tensões aplicadas ao solo pelo tráfego agrícola, podendo causar limitações ao desenvolvimento das plantas na camada de 0,00 a 0,10 m. A maior resistência mecânica do solo pode ser benéfica para a trafegabilidade agrícola, embora por outro lado, possa limitar o crescimento e desenvolvimento da cultura.

Referências

- ALEXANDROU, A.; EARL, R. The relationship among the pre-compaction stress, volumetric water content and initial dry bulk density of soil. *Journal of Agriculture Engineering Research*, v.71, p.75-80, 1998.
- ANDRADE, R. S.; STONE, L. F. Índice S como indicador da qualidade física de solos do cerrado brasileiro. *Revista Brasileira de*

Engenharia Agrícola e Ambiental, v.13, n.4, p.382-388, 2009.

ARATANI, R. G.; FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; ANDRIOLI, I. Qualidade física de um Latossolo Vermelho acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, p.677-687, 2009.

ARGENTON J.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; WILDNER, L.P. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, p.425-435, 2005.

ASSIS, R. L.; LANÇAS, K. P. Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo Vermelho distroférrico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, p.515-522, 2005.

BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk density. 363-375. In: Klute, A., ed. *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods*. 2ed. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA, 1986.

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas: Instituto Agrônomo, 2009. 77p. (Boletim técnico, 106).

CARPENEDO, V. Compressibilidade de solos em sistemas de manejo. 106f. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1994.

CAVALIERI, K. M. V.; TORMENA, C. A.; VIDIGAL FILHO, P. S.; GONÇALVES, A. C. A.; COSTA, A. C. S. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.30, p.137-147, 2006.

CHEN, G.; WEIL, R. R.; HILL, R. L. Effects of compaction and cover crops on soil least limiting water range and air permeability. *Soil and Tillage Research*, v.136, p.61-69, 2014.

DE MARIA, I. C. Sistemas conservacionistas de manejo do solo agrícola: Importância da palha na superfície. *Informações Técnicas. O Agrônomo*, v.67, p.52-57, 2015.

DEVINE, S.; MARKEWITZ, D.; HENDRIX, P.; COLEMAN, D. Soil aggregates and associated organic matter under conventional tillage, no-tillage, and forest succession after three decades. *PloS one*, v.9, n.1, e84988, 2014.

DEXTER, A. R. Soil physical quality Part I. Theory, effects of soil texture, density, and

organic matter, and effects on root growth. *Geoderma*, v.120, p.201-214, 2004.

DIAS JUNIOR, M. S. Compactação do Solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H. V.; SCHAEFER, C. E. G. R. *Tópicos em Ciência do Solo*. Viçosa, p.55-94, 2000.

DIAS JUNIOR, M. S. Compression of three soils under long-term tillage and wheel traffic. 114f. Tese (Doutorado). Michigan State University. East Lansing, 1994.

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D. R.; HOPMANS, J. W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S.; LOPES, P. P. Soil water retention curve. SWRC, version 3.00. Piracicaba, 2001.

FERREIRA, D. F. Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas. Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2000. 66p.

FILGUEIRAS, R.; DE OLIVEIRA, V. M. R.; DA CUNHA, F. F.; MANTOVANI, E. C.; DE SOUZA, E. J. Modelos de curva de retenção de água no solo. *Irriga*, v.1, n.1, p.115-120, 2016.

GOZUBUYUK, Z.; SAHIN, U.; OZTURK, I.; CELIK, A.; ADIGUZEL, M. C. Tillage effects on certain physical and hydraulic properties of a loamy soil under a crop rotation in a semi-arid region with a cool climate. *Catena*, v.118, p.195-205, 2014.

GUIMARÃES JÚNNYOR, W. S. G.; DE MARIA, I. C.; ARAUJO-JUNIOR.; LIMA, C. C.; VITTI, A. C.; FIGUEIREDO, G. C.; DECHEN, S. C. F. Soil compaction in the traffic lane due to soil tillage and sugarcane mechanical harvesting operations. *Scientia Agricola*. v.76, p.509-517, 2019.

GUPTA, S. C.; ALLMARAS, R. R. Models to assess thensusceptibility of soils to excessive compaction. *Advances in Soil Science*, v.6, p.65-100, 1987.

HORN, R.; DOMZAL, H.; SLOWINSKA-JURKIEWICZ, A.; VAN OUWERKERK, C. Soil compaction processes and their effects on the structure of arable soils and the environment. *Soil & Tillage Research*, v.35, p.23-36, 1995.

IMHOFF, S.; DA SILVA, A. E.; FALLOW, D. Susceptibility to compaction, load support capacity, and soil compressibility of Hapludox. *Soil Science Society American Journal*, v.68, p.17-24, 2004.

JIMENEZ, R. L.; GONÇALVES, W. G.; ARAÚJO FILHO, J. V.; ASSIS, R. L.; PIRES, F. R.; SILVA, G. P. Crescimento de plantas de cobertura sob diferentes níveis de compactação em um Latossolo Vermelho. *R. Bras. Eng. Agric. Amb.*, v.12, p.116-121, 2008.

KIEHL, E. J. Manual de edafologia. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262p.

- KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um Latossolo vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.26, p.857-867, 2002.
- KLUTE, A. Water retention: laboratory methods. In: Klute, A (Ed.). *Methods of soil analysis*. 2.ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986.
- KONDO, M. K.; DIAS JUNIOR, M. S. Compressibilidade de três Latossolos em função da umidade e uso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.23, p.211-218, 1999.
- LARSON, W. E.; GUPTA, S. C.; USECHE, R. A. Compression of agricultural soils from eight soils orders. *Soil Science Society American Journal*, v.44, p.450-457, 1980.
- LEBERT, M.; BURGER, N.; HORN, R. Effects of Dynamic and Static Loading on Compaction of Structured Soils. In: LARSON, W. E.; BLAKE, G. R.; ALLMARAS, R. R.; VOORHEES, W. B.; GUPTA, S. C. (eds) *Mechanics and Related Processes in Structured Agricultural Soils*. NATO ASI Series (Series E: Applied Sciences), v.172. Dordrecht, 1989.
- MARCHÃO, R. L. Integração lavoura-pecuária num Latossolo do cerrado: impacto na física, matéria orgânica e macrofauna. 153f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2007.
- McNABB, D. H.; STARTSEV, A. D.; NGUYEN, H. Soil wetness and traffic level effects on bulk density and air-filled porosity of compacted boreal forest soils. *Soil Science Society Amsterdam Journal*, v.65, p.1238-1247, 2001.
- PEDRAZA, A. A. A. Friabilidad del suelo: métodos de estimación con énfasis en la determinación cuantitativa de la resistencia al rompimiento. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, v.8, n.1, p.81-94, 2017.
- REINERT, D. J. Soil structural form and stability induced by tillage in a typic Hapludalf. 129f. Tese (Doutorado). Michigan State University. West Lafayette, 1990.
- SÁNCHEZ-GIRÓN, V.; ANDREU, E.; HERNANZ, J. L. Stress relaxation of five different soil samples when uniaxially compacted at different water contents. *Soil & Tillage Research*, v.62, p.85-99, 2001.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. Sistema brasileiro de classificação de solos. Embrapa 3ª.ed. Brasília, DF, Brasil, 2018. 353p.
- SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; CASTRO, M. B.; OLIVEIRA, L. C.; COSTA, K. A. P. Compaction of soils cultivated with sugarcane, I-modeling and quantification of the additional soil compaction after harvest operations. *Engenharia Agrícola*, v.30, p.404-413, 2010.
- SILVA, A. P.; KAY, B. D. Estimating the least limiting water range of soils from properties and management. *Soil Science Society America Journal*, v.61, p.877-883, 1997.
- SILVA, A. P.; KAY, B. D. The sensitivity of shoot growth of corn to the least limiting water range of soils. *Plant Soil*, v.184, p.323-329, 1996.
- SILVA, A. P.; KAY, B. D.; PERFECT, E. Characterization of the least limiting water range of soils. *Soil Science Society America Journal*, v.58, p.1775-1781, 1994.
- SILVA, R. B.; LANÇAS, K. P.; MASQUETTO, B. J. Consolidômetro: equipamento pneumático-eletrônico para avaliação do estado de consolidação do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, p.607-615, 2007.
- SILVA, R. B.; LIMA, J. M.; DIAS JUNIOR, M. S. Efeito da adsorção de fosfato em parâmetros físicos e na compressibilidade de solos tropicais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.23, p.219-226, 1999.
- SILVA, R. B.; MASQUETTO, B. J.; LANÇAS, K. P.; SILVA, F. A. M. Desenvolvimento, automação e desempenho de um consolidômetro com interface homem-máquina. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, v.39, p.416-427, 2015.
- SILVA, R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Susceptibility to compaction of a haplortox and a paleudalf. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.24, p.239-249, 2000.
- SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; SORES, J. M. Fatores controladores da compressibilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico e de um Latossolo Vermelho distrófico típico. I- Estado inicial de compactação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.26, p.1-8, 2002.
- STONE, L. F.; GUIMARÃES, C. M.; MOREIRA, J. A. A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.): I. Efeito nas propriedades físico-hídricas do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.6, p.207-212, 2002.
- STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M.; MOREIRA, J. A. A. Atributos físico-hídricos do solo sob plantio direto. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 39p.
- STONE, R. J.; EKWUE, E. I. Compressibility of some Trinidadian soils as affected by the incorporation of peat. *Journal Agriculture Engineering Research*, v.60, p.15-24, 1995.

TEIXEIRA, C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (Ed.). Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. Revisada e Ampliada, Brasília: Embrapa, 2017. 573p.

THOMASSON, A. J. Towards an objective classification of soil structure. *Journal of Soil Science*, v.29, p.38-46, 1978.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.22, p.573-581, 1998.

TROLEIS, M. J. B.; ROQUE, C. G.; BORGES, M. C. R. Z.; NOGUEIRA, K. B.; GOUVEIA, N. A. Estabilidade de agregados e teor de matéria orgânica em um Latossolo Vermelho sob *Urochloa brizantha* após a aplicação de cama de peru. *Revista de Agricultura Neotropical*, v.4, n.1, p.83-87. 2017.

VAN GENUCHTEN, M. Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society American Journal*, v.44, p.892-898, 1980.

Capítulo 11

GESSO E REJEITOS DE MINERAÇÃO NA CORREÇÃO DE SOLO SALINO-SÓDICO E NO CRESCIMENTO INICIAL DO MARACUJAZEIRO AMARELO

Maria José de Holanda Leite¹

Rivaldo Vital dos Santos²

Girlânio Holanda da Silva³

Alciênia Silva Albuquerque⁴

Alexandro Dias Martins Vasconcelos⁵

¹Dra. Profa. Universidade Federal de Alagoas -UFAL, Rio Largo, AL, maryholanda@gmail.com

²Dr. Prof. Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Sumé-PB, rvital@cstr.ufcg.edu.br

³Doutor, UNESP, Botucatu-SP, girlanio_holanda@hotmail.com

⁴Doutoranda, Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, Recife-PE, alcienia_albuquerque@hotmail.com

⁵Doutorando Universidade Federal de Brasília, UnB, Brasília-DF, alexandrodmv@hotmail.com

Introdução

Os solos afetados por sais, também conhecidos por solos halomórficos ou solos salinos e sódicos, são solos desenvolvidos em condições de elevada evapotranspiração e drenagem deficiente (RIBEIRO et al., 2003). Estes se caracterizam pela alta concentração de sais solúveis, sódio trocável ou ambos, em horizontes ou camadas próximas à superfície do solo (QADIR et al., 2007).

A salinidade proporciona alterações químicas e físicas no solo, as quais em última instância afetam negativamente comportamento das espécies vegetais nos quais são cultivadas (HASEGAWA et al., 2000; MUNNS, 2002). As alterações químicas afetam negativamente a fertilidade do solo, promovendo elevados teores de ânions como cloreto, sulfato, carbonato, bicarbonatos e boratos na solução solo, os quais causam distúrbios nutricionais às plantas (DURAN et al., 2000). Sob condições de sodicidade, outro agravante é o elevado pH, em geral, superior a 8,5, o qual origina toxidez de íons como o sódio e o cloro, ou deficiências nutricionais, especialmente de micronutrientes catiônicos como o zinco, cobre, manganês e ferro (RAIJ, 1991). Os íons Na^+ em solos sódicos ou salino-sódicos promovem o deslocamento dos cátions Mg^{2+} , Ca^{2+} e K^+ , substituindo-os no complexo de troca, diminuindo sua disponibilidade para as plantas, e promovendo dispersão de argilas, uma vez que, os cátions bivalentes são substituídos por monovalentes, promovendo o aumento da espessura da dupla camada difusa (MCBRIDE, 1995).

Os mecanismos fisiológicos primários das plantas que promovem redução do crescimento de plantas submetidas ao estresse

salino, se manifestam inicialmente, em escala de horas ou dias, resultantes dos efeitos osmóticos dos sais presentes no solo, que ocasionam estresse hídrico (MUNNS, 2002). Posteriormente, após semanas ou meses de exposição ao estresse salino, os declínios na atividade meristemática e no alongamento celular decorrem quando, os sais absorvidos se acumulam em diferentes tecidos vegetais, provocando desequilíbrio nutricional, toxicidade iônica e consequentes distúrbios funcionais, e injúrias no metabolismo das plantas (MUNNS & TESTER, 2008).

Os efeitos negativos dos sais nas plantas, também estão associados ao desbalanço nutricional em decorrência da redução da disponibilidade de K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} pela alta concentração de Na^+ no solo ou na água de irrigação; à toxidez por elevado teor de íons como o Na^+ , Cl^- ou SO_4^{2-} nas plantas, com prejuízos nas funções dos sistemas enzimáticos e síntese proteica. Essas inconveniências interferem na estrutura, na função de enzimas ou do K^+ e no efeito osmótico, restringindo a absorção de água pelas raízes, sob baixo potencial hídrico da solução do solo, resultando em diminuição na turgescência celular, abertura estomática e assimilação líquida de CO_2 (MIRANDA et al., 2008).

O maracujazeiro-amarelo é considerado uma espécie sensível aos sais (AYERS & WESTCOT, 1999). Assim o declínio produtivo da cultura deve ocorrer quando a condutividade elétrica do ambiente radicular das plantas atinja valores superiores a $1,3 \text{ dS m}^{-1}$. Entretanto, algumas pesquisas têm demonstrado que, apesar da salinidade provocar reflexos negativos no crescimento, na capacidade produtiva da cultura e na qualidade dos frutos

(SOARES et al., 2008; CAVALCANTE et al., 2009), a utilização de corretivos pode amenizar os efeitos da salinidade, resultando em maior desenvolvimento das mudas e produção de frutos pelas plantas (SOUZA et al., 2008).

Dentre estes corretivos, o gesso agrícola tem sido o mais recomendado, devido ao seu baixo custo e maior disponibilidade no mercado (LEITE et al., 2007). Entretanto, o uso de rejeito de mineração nestes solos associados a materiais orgânicos como os esterco, pode ser uma alternativa econômica e ambientalmente mais viável, tendo em vista que a mineração causa vários danos ao meio ambiente, o que se relaciona com a forma inadequada de descarte dos rejeitos e resíduos oriundos da lavra, que acaba afetando a superfície do terreno, degradando o solo e comprometendo sua paisagem (PEREIRA et al., 2008). No estado da Paraíba a exploração de caulim e de vermiculita, geram grande quantidade de rejeitos que formam pilhas distribuídas sobre o solo provocando danos ambientais à natureza, alterando as características ecológicas do meio e prejudicando a fauna e a flora local (PEREZ, 2001).

Alguns trabalhos mostraram que a utilização de rejeitos de mineração como constituinte de substratos para emergência e produção de mudas de várias espécies vegetais, como *Carica papaya* L. (ALENCAR, 2004);

Moringa oleifera Lam. (ALVES, 2005); *Jatropha curcas* L. (TRAJANO et al., 2010); *Cnidoscolus quercifolius* Pohl. (FARIAS JÚNIOR, 2011) e *Mimosa caesalpinhiifolia* Benth. (RODRIGUES, 2011), pode ser uma alternativa promissora para diminuição dos impactos ambientais destes rejeitos. Contudo, estudos avaliando o efeito destes rejeitos em solos salinizados são quase inexistentes.

O presente trabalho tem o objetivo de avaliar o efeito do gesso agrícola e doses de rejeitos de vermiculita e de caulim, sobre os atributos químicos de um solo salino-sódico e o crescimento do maracujazeiro amarelo.

Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido no período de agosto de 2010 a maio de 2011, em condições de casa de vegetação do Centro de Saúde e Tecnologia Rural, UFCG Campus de Patos – PB. Utilizaram-se amostras de um Neossolo Flúvico (EMBRAPA, 2006) coletado na camada de 0–30 cm, em um lote salinizado do Perímetro Irrigado de Sumé – PB.

Os rejeitos foram obtidos em duas mineradoras localizadas no semiárido paraibano. Os rejeitos de vermiculita e de caulim foram coletados na Mineradora Pedra Lavrada e na Mineração São João, localizadas nos municípios de Santa Luzia e Junco do Seridó, respectivamente (Figura 1).



Figura 1. Pátio de rejeito de vermiculita (A), pátio de rejeito de caulim na área de caatinga (B).

As amostras de solo e dos rejeitos de mineração foram analisadas conforme metodologia descrita em EMBRAPA (1997).

Os rejeitos de caulim de vermiculita foram utilizados para a composição de dois tipos de compostos (composto 1 - rejeito de vermiculita + esterco bovino na proporção 1:1 v/v e composto 2- rejeito de caulim + esterco bovino na proporção 1:1 v/v).

O delineamento experimental foi feito em esquema fatorial (2 x 2 x 5), em que foi

considerado dois tratamentos compostos de caulim e outro de rejeito de vermiculita, presença e ausência de gesso agrícola, e 5 doses de cada composto (0, 15, 30, 45 e 60% v/v) com 3 repetições, totalizando 60 vasos com capacidade para 9L (AMEZKETA et al., 2005).

Na primeira etapa do experimento foi realizada a aplicação de gesso em metade dos vasos. Antes de sua aplicação, o gesso agrícola foi passado em peneira em malha de 2,0mm de abertura, sendo em seguida incorporado e

homogeneizado ao solo. A dose de gesso aplicada ($8,3 \text{ g kg}^{-1}$) foi calculada, segundo Chauhan e Chauhan (1979).

Posteriormente, o solo foi incubado por 20 dias, com umidade correspondente a 70% da capacidade de campo. Após este período, aplicou-se ao solo, uma lâmina de lixiviação correspondente a 2 vezes a sua porosidade total, a qual foi aplicada em 7 parcelas iguais, a cada 2 dias. A solução lixiviada foi coletada por ocasião da primeira e última (sétima) aplicação

da lâmina de lixiviação a qual foi posteriormente analisada quanto ao pH, condutividade elétrica (CE) e teores de sódio solúvel.

Após a aplicação das lâminas de lixiviação (Figura 2), e antes da semeadura, foram coletadas 50 g de solo de cada vaso, para determinação dos valores de pH, teores de sódio trocável e CE do extrato 1:5 (solo:água), conforme metodologia descrita pela EMBRAPA (1997).



Figura 2. Visão geral das amostras da solução eluída: Primeira coleta (A), coleta final (B).

Utilizaram-se sementes de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims.), as quais para acelerar o processo de germinação, foram colocadas durante 30 segundos em água a 60°C . Em seguida foram semeadas 4 sementes por vaso, sendo que 20 dias após a germinação se efetuou o desbaste, mantendo-se 2 plantas por vaso. A manutenção da umidade do solo foi feita através de irrigação diária, mantendo 70% da capacidade de campo para todos os vasos. Aos 20 e 60 dias após germinação, efetuou-se adubação em cobertura com 50 mg kg^{-1} de N, utilizando a ureia como fonte.

Após 60 dias da germinação avaliaram-se o comprimento das plantas, diâmetro do colo através paquímetro digital e o número de folhas. No final do experimento foram coletadas 8 folhas por vaso a 1,20 m e 1,40 m de comprimento, para determinação da área foliar, utilizando o método dos discos foliares, conforme descrito por Gomes (2011). Em seguida o material vegetal da parte aérea das

raízes foram coletados e acondicionados em sacos de papel, colocados para secar em estufa com circulação forçada de ar a 65°C . Após a secagem determinou-se o material vegetal seco da parte aérea e de raízes.

As variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância, análise de regressão polinomial para verificar o efeito das doses dos compostos, e teste de Tukey para o fator gesso e tipos de composto. Os testes foram realizados ao nível de 5%, utilizando o programa estatístico SISVAR.

Resultados e Discussão

Constata-se através dos atributos químicos analisados neste trabalho que, o solo salino sódico (S.S.S) e rejeito de vermiculita (R.V) são os que apresentam maior fertilidade química, o que evidenciado, de forma geral, pela soma de bases (SB), CTC e saturação por bases elevadas (V), por outro lado, o rejeito de (R.C) caulim apresenta baixa fertilidade química em todos os atributos analisados (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos das amostras de solo e rejeitos empregados no experimento

Solo e rejeitos	MO g dm^{-3}	pH CaCl ₂	C.E dSm^{-1}	P μgcm^{-3}	Ca	Mg	K cmol _c	Na dm^{-3}	SB	H+Al %	CTC	PST	V
S.S.S	15,7	6,9	7,6	222	12,9	3,6	0,9	4,9	21,8	1	22,8	21,5	96,6
R.V	-	6,7	0,04	58	14	3,8	0,3	1,3	25,4	1	26,4	-	96,2
R.C	-	5,0	0,32	2	1	0,6	0,0	1,2	2,8	4,2	7,1	-	40,7

Legenda: *SSS = Solo salino sódico, RV = Rejeito de vermiculita, RC = Rejeito de caulim. MO = matéria orgânica; CE = condutividade elétrica; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; Na = sódio; H + Al = acidez potencial; SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca de cátions; PST = percentual de sódio trocável; V = saturação por bases.

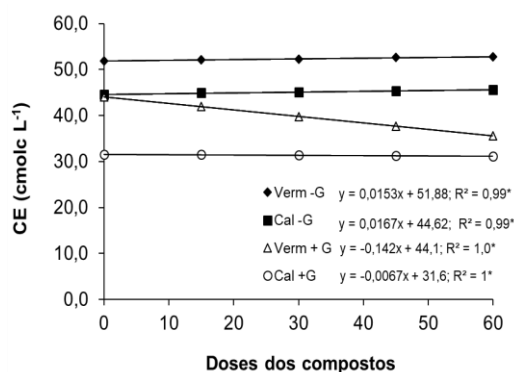
Quanto à granulometria, o solo classifica-se como franco arenoso, cujos teores de argila, silte e areia são 620, 240 e 140 g kg⁻¹, respectivamente.

Solução lixiviada

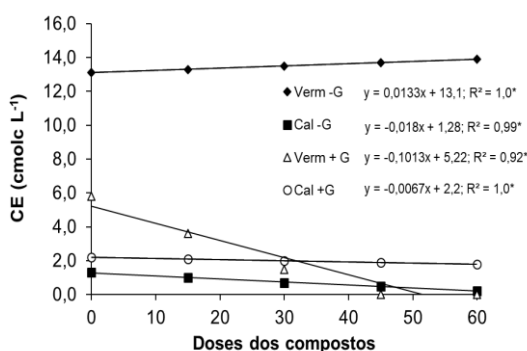
Os teores de sódio e condutividade elétrica (CE) da solução do solo lixiviada, por ocasião da primeira e da sétima lavagens apresentam-se afetados significativamente pela presença de gesso, tipo e doses dos rejeitos e pela interação tripla entre estes fatores (Figuras 3 e 4). Observa-se que em todos os tratamentos, tanto os de teores de sódio quanto os valores de CE, apresentam expressiva diminuição após a sétima lavagem, quando comparada com a primeira. Ambas as variáveis se ajustaram ao modelo de regressão linear em função das doses dos compostos. Para os teores de sódio, à exceção do tratamento composto à de vermiculita sem gesso, as doses dos compostos elevaram os valores desta variável (Figura 3). Por ocasião da última lavagem do solo, os maiores teores de sódio solúvel são os obtidos

pelo composto à base de caulim, principalmente com a aplicação de gesso.

Estes resultados indicam que, a lavagem do solo salinizado proporciona lixiviação de sódio do solo, tornando-se mais eficiente com a aplicação de um condicionador como os compostos testados, favorecendo sua remoção do perfil do solo (MISOPOLINOS, 1985). A maior eficiência do composto à base de caulim, na última lavagem, deve-se provavelmente à sua baixa CTC em comparação com a vermiculita (Tabela 1), a qual poderia reter maior quantidade deste cátion no solo, diminuindo sua lixiviação (MCBRIDE, 1995). Por outro lado, a elevação dos teores de sódio no lixiviado, pela aplicação do gesso é decorrente principalmente do deslocamento do sódio do complexo de troca pelo cálcio liberado pelo corretivo (VITAL et al., 2005). Neste processo, o sódio é deslocado para a solução do solo para reagir com os ânions sulfatos, formado sulfato de sódio o qual é removido após a aplicação de uma lâmina de água (SOUSA et al., 2012).



A



B

Figura 3. Concentração de sódio na solução de lixiviação do solo na primeira (A) e sétima (B) lavagem.

Verm = composto de rejeito de vermiculita; Cal = composto de rejeito de caulim; -G = sem adição de gesso; + G = com adição de gesso.

Em relação à CE, observa-se que na primeira lavagem, os maiores valores são os obtidos com a aplicação de doses dos compostos sem adição de gesso, principalmente no composto à base de vermiculita (Figura 4A). Ao contrário dos demais, nestes tratamentos, a aplicação de doses crescentes dos compostos proporciona elevação linear da CE (Figura 4A). Logo após a primeira lavagem, a adição de gesso ao solo diminui a CE do lixiviado, embora se esperasse o contrário, tendo em vista que, com sua dissolução no solo ocorre a liberação dos íons cálcio e sulfato. Contudo, este fato pode ter ocorrido devido, no início de sua solubilização o gesso pode ter diminuído a solubilidade de sais

de cálcio presentes no solo, e assim sua lixiviação (MCBRIDE, 1995). Na sétima lavagem, o composto à base de vermiculita proporciona os maiores valores de CE no lixiviado, apresentando aumento linear com as doses do composto (Figura 4B). Ressalta-se que, neste caso, o solo já havia passado por 7 lavagens consecutivas, o que diminui a CE para valores abaixo de 6,0 dSm⁻¹, contudo, no tratamento composto à base de vermiculita sem gesso, os valores desta variável mantiveram-se consideravelmente elevados (Figura 4B). O rejeito de vermiculita apresenta elevados teores de Ca, Mg e K (Tabela 1), o que pode ter elevado à salinidade do lixiviado ao longo em ambas as

épocas de avaliação, contudo, quando o gesso foi adicionado ao composto à base deste rejeito,

a lixiviação dos sais apresenta-se favorecida (Figura 4B).

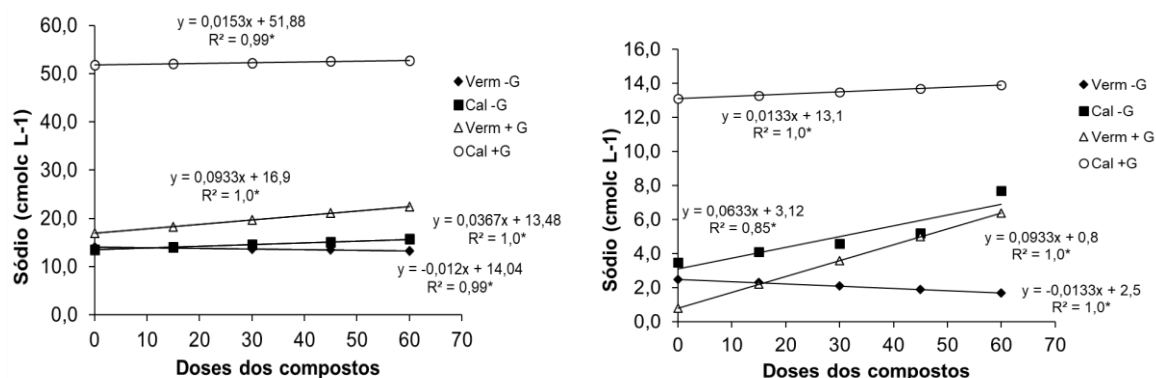


Figura 4. Concentração de sódio na solução de lixiviação do solo na primeira (A) e sétima (B) lavagem. Verm = composto de rejeito de vermiculita; Cal = composto de rejeito de caulim; -G = sem adição de gesso; + G = com adição de gesso.

Quanto ao pH, não se observa efeito significativo do tipo de composto utilizado como substrato ou das proporções de doses dos compostos, bem como do gesso agrícola sobre o pH. Este efeito já era esperado tendo em vista que, os materiais empregados não teriam em princípio capacidade para alterar a reação do solo devido às suas características químicas (Tabela 1), assim como o gesso por ser um sal neutro também não altera o pH do solo (ZIA et al., 2007).

Complexo sortivo

Os teores de sódio trocável apresentam-se influenciados significativamente pela presença de gesso, tipo e doses dos rejeitos e pela interação tripla entre estes fatores. Observa-se ajuste linear decrescente para as doses dos compostos à base de rejeito de vermiculita sem a adição de gesso e rejeito de caulim com adição de gesso (Figura 5A). Para o composto à base de caulim com a adição de gesso, o ajuste foi quadrático, enquanto para o composto à base de caulim sem gesso, não

apresenta ajuste. Embora os compostos à base de rejeitos tenham de maneira geral contribuído para a diminuição dos teores trocáveis de Na, a simples lavagem do solo diminuiu de forma expressiva, os teores deste cátion no solo, quando comparados com os valores iniciais (Tabela 1), fato este possivelmente associado aos altos teores de areia deste solo (SILVEIRA et al., 2008).

Em relação aos valores de CE do extrato 1:5 (solo:água), verifica-se que, o composto à base de caulim com gesso proporciona acréscimos nesta variável com o aumento das doses, enquanto nos demais tratamentos ocorre tendência de decréscimo (Figura 5B). Os menores valores de CE são os obtidos com as doses do composto à base de vermiculita sem gesso, em concordância com os mais baixos valores de CE na solução lixiviada neste mesmo tratamento (Figura 4A e 4B). Os maiores valores de CE com a adição de gesso devem-se ao fato deste produto ser um sal, o qual libera íons cálcio e sulfato após sua solubilização (AMEZKETA et al., 2005).

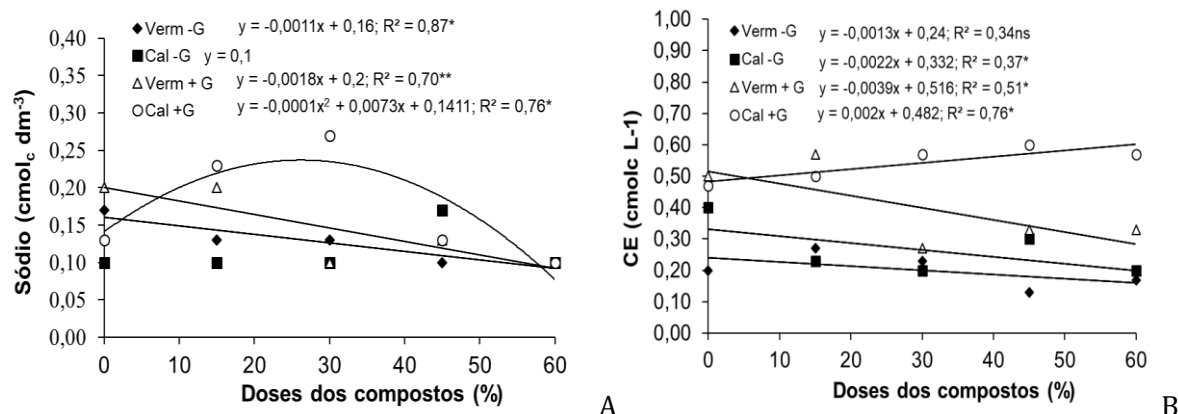


Figura 5. Teores de sódio trocável (A) e condutividade elétrica do extrato 1:5 (solo:água) após a sétima lavagem do solo (B). Verm = composto de rejeito de vermiculita; Cal = composto de rejeito de caulim; - G = sem adição de gesso; + G = com adição de gesso.

Crescimento e produção de matéria secado maracujazeiro

Para o comprimento de planta não se observa efeito significativo das doses dos compostos, bem como da interação entre este fator e os fatores gesso e tipo de rejeito. Observa-se que, em média o maior comprimento das plantas foi atingido com a aplicação de gesso agrícola ao solo, sendo que sem o corretivo, o rejeito de vermiculita teve melhor desempenho (Tabela 2). O rejeito de vermiculita é mais rico em nutrientes em relação ao rejeito de caulim (Tabela 1), e isso pode ter favorecido o crescimento das plantas.

O diâmetro do coleto e o número de folhas das plantas são afetados apenas pelas doses e tipos de rejeito e pela interação entre estes

fatores. Para o diâmetro do coleto apenas o composto à base de caulim apresenta ajuste de regressão significativo, proporcionando aumento linear nos valores desta variável com o aumento de suas doses (Figura 6A). Já o número de folhas apresenta ajuste quadrático para o composto à base de rejeito de vermiculita, e linear crescente para o rejeito de caulim (Figura 6B). Com o rejeito de vermiculita, o número máximo de folhas obtido com a dose é de 35,7%. Contudo para ambas as variáveis, em média, observa-se pequena diferença entre os tipos de rejeitos, assim como os acréscimos proporcionados nesta variável pelas doses dos compostos, apresentam-se pouco pronunciados.

Tabela 2. Comprimento de planta do maracujazeiro em função da adição de gesso e tipo de rejeito no substrato

Gesso	Vermiculita	Caulim
	-----cm-----	
Sem	141,60 bA	124,33 b B
Com	153,50 a B	162,47 a A

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

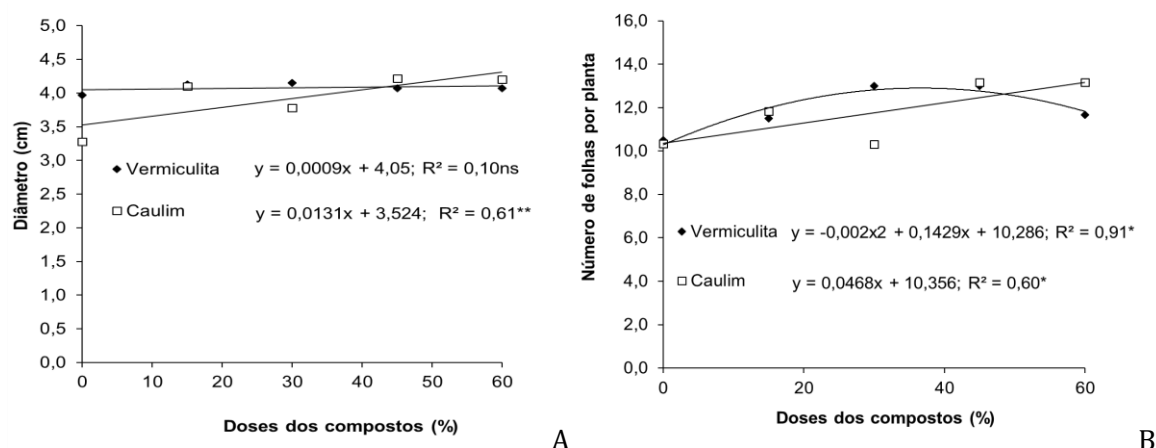


Figura 6. Diâmetro do coleto (A) e número de folhas (B) do maracujazeiro em função das doses dos compostos testados.

Em relação à área foliar também se observa interação tripla entre os fatores avaliados. As doses do composto à base de vermiculita na presença de gesso não se ajustam aos modelos de regressão testados (Figura 7). Nos demais casos, o ajuste foi quadrático, embora os coeficientes de determinação apresentem-se baixos. Em geral, o rejeito de caulim com gesso tem melhor desempenho, assim como observado para o comprimento de planta (Tabela 2). Contudo, sem gesso agrícola, o composto à base de caulim obtém o pior desempenho, dessa forma, observa-se que, o

gesso tem maior influência sobre esta variável em comparação com o efeito das doses e tipos de rejeitos presentes nos compostos. Assim embora, o gesso tenha elevado, em princípio, os teores de Na e valores de CE, principalmente no composto à base de vermiculita, este fato não é prejudicial à área foliar das plantas. Isto provavelmente deve-se ao fato das sucessivas lavagens do solo, terem diminuído as concentrações de sódio e os valores de CE para níveis consideravelmente baixos, independentemente dos tratamentos avaliados.

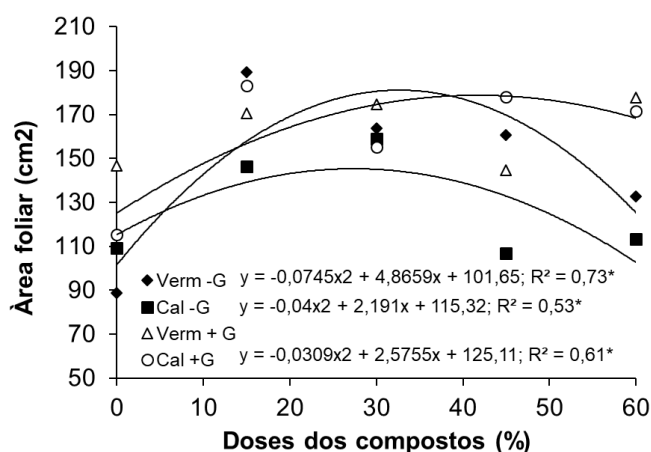


Figura 7. Área foliar do maracujazeiro em função das doses dos compostos e tratamentos de gesso e rejeitos. Verm = composto de rejeito de vermiculita; Cal = composto de rejeito de caulim; -G = sem adição de gesso; + G = com adição de gesso.

A produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) apresenta-se influenciada pela interação doses e tipos de rejeitos, enquanto a produção de matéria seca de raízes (MSR) apresenta-se afetada apenas pelas doses dos compostos, a qual ajustou-se ao modelo linear crescente (Figura 8). As doses do composto à

base de vermiculita e à base de caulim que proporcionam máxima produção de MSPA são de 36,9 e 50,2%, respectivamente. Para o rejeito de vermiculita a dose de máximo assemelha-se aquela observada para a o número de folhas (Figura 4B).

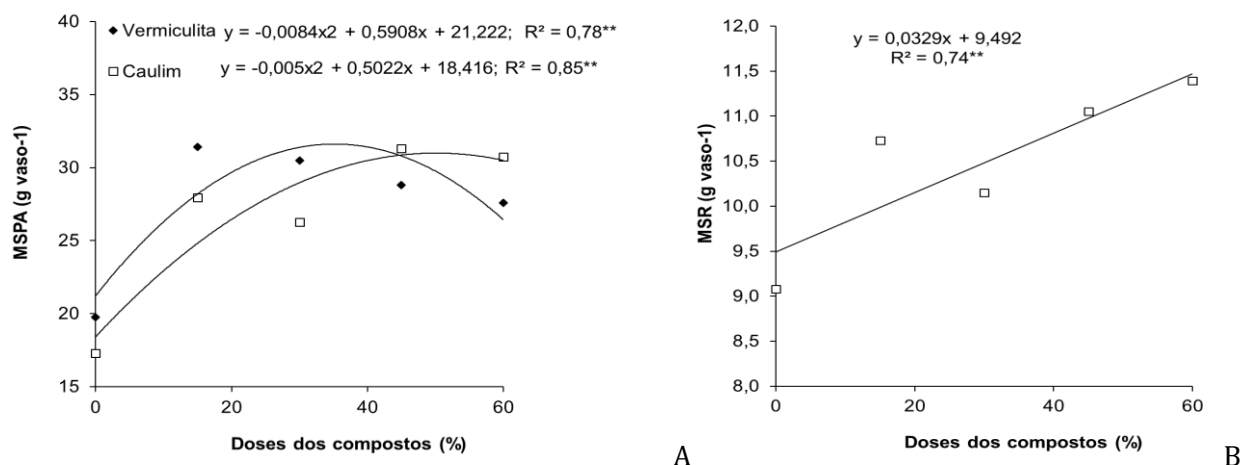


Figura 8. Matéria seca da parte área (MSPA) (A) e matéria seca de raízes (MSR) (B) em função das doses dos compostos.

Estes resultados indicam que os compostos utilizados podem, de maneira geral, incrementar o crescimento do maracujazeiro, embora não se tenha observado neste trabalho uma relação clara entre as condições químicas do solo proporcionadas pelos tratamentos e as variáveis que expressam o crescimento das plantas.

Trabalhos com rejeitos de mineração como de caulim e principalmente de vermiculita, são raros na literatura. Trajano (2010) observou melhor desempenho do caulim na altura de plantas, área foliar e produção de matéria seca de pinhão manso cultivado em solo salinizado em relação ao rejeito de vermiculita. Contudo, a este último foi adicionado matéria orgânica, o que pode ter contribuído para o melhor desempenho do caulim no referido trabalho. Pereira et al. (2008) observaram que, o rejeito de caulim pode ser utilizado como componente de compostos para mudas de mamoeiro (*Carica papaya*), com doses de 22%. Campos et al. (2008) observaram que, os compostos contendo caulim produziram mudas de gravioleira (*Annona muricata* L.) com maior altura, diâmetro do coleto e número de folhas. Holanda et al. (2007) por outro lado, não observaram efeito benéfico do rejeito de caulim sobre o crescimento de plantas arbóreas nativas da Caatinga cultivadas em solo salino-sódico. No caso do rejeito de caulim os efeitos contraditórios entre alguns trabalhos podem estar associados com sua característica física e com as doses aplicadas. Assim, por se tratar de um material de granulometria mais grosseira, este material pode melhorar a permeabilidade dos solos salino-sódicos mais argilosos e então

contribui com o crescimento de plantas cultivadas em tais solos (TRAJANO, 2010).

Conclusão

O uso de compostos à base de rejeitos de caulim e de vermiculita, associados ou não ao gesso agrícola, contribuiu para diminuir a salinidade e a sodicidade do solo.

A máxima produção de matéria seca do maracujazeiro foi obtida com a aplicação de 36,9 e 50,2% dos compostos à base de vermiculita e de caulim respectivamente, independentemente da aplicação de gesso agrícola.

Referências

- ALENCAR, M. L. Crescimento de mudas de mamoeiro em substratos contendo rejeito de caulim. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 28, 2004, Florianópolis. Anais...Florianópolis: SBF, 2004 (CD ROM).
- ALVES, J. C. Produção de mudas de moringa em substratos com níveis crescentes de rejeito de caulim. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 45, 2005. Anais... Fortaleza: SBF, 2005 (CD ROM).
- AMEZKETA, E.; ARAGÜÉS, R.; GAZOL, R. Efficiency of sulfuric acid, mined gypsum, and two gypsum by-products in soil crusting prevention and sodic soil reclamation. *Agronomy Journal*, v.97, n.1, p.983-989, 2005.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade de água na agricultura. 2.ed. Campina Grande: UFPB, FAO, 1999, 153p. (Estudos Irrigação e Drenagem, 29 revisado).
- CAMPOS, M. C. C.; MARQUES, F. J.; LIMA, A. G.; MENDONÇA, R. M. N. Crescimento de porta-enxerto de gravioleira (*Annona muricata* L.) em

substratos contendo doses crescentes de caulim. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.8, n.1, p.61-66, 2008.

CAVALCANTE, L. F.; SILVA, G. F.; GHEYI, H. R.; DIAS, T. J.; ALVES, J. C.; COSTA, A. DE P. M. Crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo em solo salino com esterco bovino líquido fermentado. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.4, p.414-420, 2009.

CHAUHAN, R. P. S.; CHAUHAN, C. P. S. A modification to Shoonover's method of gypsum requirement determination of soil. *Australian Journal of Soil Research*, v.17, p.367-370, 1979.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise de solo. 2 ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPq, 1997. 212 p. (EMBRAPA/CNPq. Documentos, 1).

FARIAS JÚNIOR, J. A. Clonagem de faveleira (*Cnidioscolus quercifolius* Pohl.) por alporquia, utilizando rejeito de vermiculita e diferentes concentrações de ácido indol acético. 60f. Dissertação (Mestrado). Pós-Graduação em Ciências Florestais. Universidade Federal de Campina Grande. Patos, 2011.

GOMES, A. D. V. A salinidade e seus reflexos no crescimento e acúmulo de solutos orgânicos em plantas de craibera (*Tabebuia aurea* (Manso) Benth & Hook). In: Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Campina Grande, 8, 2011, Campina Grande. Anais...Campina Grande, 2011.

HASEGAWA, P. M.; BRESSAN, R. A.; ZHU, J. K.; BOHNERT, H. J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, v.51, p.463-499, 2000.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A. Qualidade da água para irrigação. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 26, 1997, Campina Grande. Anais... Campina Grande: UFPB, 1997. p.137-169.

LEITE, E. M.; CAVALCANTE, L. F.; DINIZ, A. A.; SANTOS, V. S.; ALVAS, G. S.; CAVALCANTE, I. H. L. Correção da sodicidade de dois solos irrigados em resposta à aplicação de gesso agrícola. *Irriga*, v.12, n.2, p.168-176, 2007.

MCBRIDE, M. B. *Environmental Chemistry of Soils*. Oxford University Press, 1995. 416p.

MISOPOLINOS, N. D. A new concept for reclaiming sodic soils with high-salt water. *Soil Science*, v.140, n.1, p.69-74, 1985.

MIRANDA, M. F. A.; PESSOA, L. G. M.; FREIRE, M. B. G. S.; FREIRE, F. J. Correção de solo salino-sódico com soluções de cloreto de cálcio cultivado com sorgo sudanense. *Revista Caatinga*, v.21, n.1, p.18-25, 2008.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environmental*, v.25, p.239-250, 2002.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, v.59, n.1, p.651-681, 2008.

PEREIRA, O. N. Gesso e rejeito de caulim na correção de um solo salinizado e no crescimento de gramíneas. 57f. Monografia (Graduação). Curso de Engenharia Florestal. Universidade Federal de Campina Grande. Patos, 2008.

PEREZ, B. C. As rochas e os minerais industriais como elemento de desenvolvimento sustentável. Série Rochas e Minerais Industriais; 3. Centro de Tecnologia Mineral. Rio de Janeiro: CETEM/MCT. 2001. 37p.

RAIJ, B. VAN. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Agronômica Ceres, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1991. 343p.

RODRIGUES, R. D. Crescimento e qualidade de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpinhiifolia* Benth.) em diferentes substratos. 36f. Monografia (Graduação). Curso Engenharia Florestal. Universidade Federal de Campina Grande. Patos, 2011.

RIBEIRO, M. R.; FREIRE, F. J.; MONTENEGRO, A. A. A. Solos Halomórficos do Brasil: Ocorrência, Gênese, Classificação, Uso e Manejo Sustentável. In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S.; ALVAREZ, V. H. Tópicos em Ciência do Solo. Soc. Bras. de Cienc. do Solo. v.3, Viçosa, 2003.

SILVEIRA, K. R.; RIBEIRO, M. R.; OLIVEIRA, L. B.; HECK, R. J.; SILVEIRA, R. R. Gypsum saturated water to reclaim alluvial saline sodic and sodic soils. *Scientia Agrícola*, v.65, n.1, p.69-76, 2008.

SOARES, F. A. L.; CARNEIRO, P. T.; GOMES, E. M.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D. Crescimento e produção do maracujazeiro amarelo sob irrigação suplementar com águas salinas. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.3, n.2, p.151-156, 2008.

SOUZA, G. B. DE; CAVALCANTE, L. F.; CAVALCANTE, I. H. L.; BECKMAN-CAVALCANTE, M. Z.; NASCIMENTO, J. A. M. Salinidade do substrato contendo biofertilizante para a formação de mudas de

maracujazeiro irrigado com água salina. Revista Caatinga, v.21, p.172-180, 2008.

QADIR, M.; OSTER, J. D.; SCHUBERT, S.; NOBLE, A. D.; SAHRAWAT, K. L. Phytoremediation of sodic and saline-sodic soils. Advances in Agronomy, v.96, p.197-247, 2007.

TRAJANO, E. V. A. Rejeitos de mineradoras como substrato na produção de mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). 31f. Monografia (Graduação). Curso de Engenharia Florestal. Universidade Federal de Campina Grande. Patos, 2010.

VITAL, A. F. M.; SANTOS, R. V.; CAVALCANTE, L. F.; SOUTO, J. S. Comportamento de atributos químicos de um solo salino-sódico tratado com gesso agrícola e fósforo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.1, p.30-36, 2005.

ZIA, K. M.; BHATTI, H. N.; AHMAD B. I. Methods for polyurethane and polyurethane composites, recycling and recovery: a review. React. Funct. Polym., v.67, n.8, p.675-692, 2007.

Capítulo 12

PRODUÇÃO DE MUDAS DE MORINGA OLEÍFERA LAM EM DIFERENTES SUBSTRATOS

Everton Sebastião do Nascimento¹
João Raphael Lima Avelino²
Wallyson Francisco Lopes da Silva³
Nathanyel Ewertthon Alves dos Santos⁴
Joan Jobson de Almeida de Amorim⁵
Pedro Carvalho Vieira Cavalcante⁶
Maria José de Holanda Leite⁷

^{1,2,3,4,5,6}Graduandos em Agronomia, UFAL, Rio Largo-AL,
evertohn@hotmail.com; joaoraphael.fv@gmail.com; wallyson.projetos@gmail.com;
nathan_ewerton@yahoo.com.br; joanjobsonjj@gmail.com; pedrocarvalhovieira28@gmail.com
⁷Dra. Profa. UFAL, Rio Largo-AL, maryholanda@gmail.com

Introdução

A procura por mudas florestais tem crescido no Brasil, em razão da necessidade de recuperar áreas que sofreram perturbação artificial, sendo fundamental planta mais vigorosas e livres de patógenos para uso em áreas de reflorestamento, recuperação de áreas degradadas, mudas para comercialização, o que exige produção em grande escala e em curto prazo (COSTA et al., 2011). A qualidade da muda tem relação direta com as condições ambientais, qualidade de substratos e fitotécnica (COSTA et al., 2011). Os substratos utilizados devem fornecer microclimas adequados à germinação e desenvolvimento do sistema radicular, possibilitando suprimento de água e ar adequado, além de possuir um ótimo pH, boa textura, ser fértil e ausente de patógenos (ARAÚJO et al., 2013; FERREIRA et al., 2014).

Sabe-se que o substrato é um dos fatores mais relevantes no desenvolvimento inicial de plantas, a incorporação de resíduos orgânicos reduz o custo de produção e possíveis danos decorrentes do acúmulo desse material no ambiente, além de fornecer matéria orgânica rica em nutrientes (SOUSA et al., 2015). Apresenta ainda, influência na nutrição e crescimento das plantas após iniciarem o uso do aparelho fotossintético e absorção de nutrientes, em que, as características físicas, químicas e biológicas influenciam na disponibilidade de nutrientes, oxigenação, retenção de umidade e ataque de patógenos, principalmente, por esse método ser usado em um estágio de desenvolvimento, em que, a planta é pouco tolerante ao déficit hídrico no ambiente (DUTRA et al., 2012).

Nos últimos anos têm-se buscado alternativas de substratos cada vez mais

específicos às espécies arbóreas, levando-se em consideração estratégias de redução de custos e a manutenção dos recursos ambientais (TRAZZI et al., 2012). Partindo dessa perspectiva, vários materiais têm sido utilizados para composição dos substratos, como por exemplo o composto de lixo urbano (*Sesbania virgata* caz. Pers e de *Anadenanthera peregrina* L.) (NÓBREGA et al., 2008); bio-sólido (*Trema micrantha* L.) (NÓBREGA et al., 2008; CALDEIRA et al., 2012); a casca de arroz carbonizada (*Platymiscium pubescens* Micheli e *Apuleia leiocarpa* Vogel) (SAIDELLES et al., 2009); o húmus de minhoca; esterco bovino curtido (*Schinus terebinthifolius* Raddi, *Cedrela fissilis* Vell, *Eucalyptus grandis* e *Acacia holocercea*) (OLIVEIRA et al., 2008); entre diversos outros materiais regionais.

A espécie *Moringa oleífera* Lam, possui elevado potencial econômico, seja pelo aproveitamento da madeira, uso medicinal, comercialização de seus frutos, como planta ornamental ou produção de mudas destinadas ao reflorestamento de áreas degradadas e até mesmo para a arborização urbana (SILVA et al., 2010).

Assim, o objetivo deste trabalho é analisar a influência de diferentes substratos e concentrações no desenvolvimento inicial da espécie *Moringa oleífera*.

Material e Métodos

Área de estudo

O experimento foi realizado em casa de vegetação na unidade da Embrapa Tabuleiro Costeiro, localizado no Centro de Ciências Agrárias – CECA, da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, município de Rio Largo, região norte do estado de Alagoas, situado a 9°28'02"

de latitude e 35°49'65" de longitude com altitude de 135 m.

O trabalho foi desenvolvido no período de 30 de maio a 01 de agosto de 2019, com duração de 63 dias.

Coleta de solo, sementes e preparo do substrato

O solo foi coletado na área experimental do Centro de Ciências Agrárias – CECA, classificado como Latossolo Amarelo Coeso Argissólico, de textura franco arenosa, utilizado no experimento para compor os substratos. O esterco de ovino e borra de café foram obtidos por meio de doação da empresa Planta & Cia localizada no município de Atalaia/AL. Após

curtido foi peneirado para compor os substratos. Foram utilizados sacos de polietileno com volume de 3 L. Amostras foram coletadas dos tratamentos para a análise química, realizada no Laboratório de Solo, Água e Planta, localizado no CECA-UFAL.

As sementes de *Moringa oleífera* Lam, possuíam apenas três meses de coleta e não houve a necessidade do processo de quebra da dormência. Desta forma, a semeadura ocorreu no dia 30 de maio, e o percentual de germinação foi determinado após o 15º dia.

Foi realizada irrigação continua até o 16º dia, após essa fase foram feitas irrigações a cada 2 dias totalizando 40 irrigações.

Tabela 1. Análise química dos substratos utilizados na produção de mudas de *Moringa oleífera*

Tratamentos	pH em H ₂ O 1:2,5	M.O. ⁴ g.kg ⁻¹	P ⁽¹⁾ -----	K ⁽¹⁾ (mg.dm ³)----	Na ⁽¹⁾ -----	Al ⁽²⁾ -----	H+Al ⁽³⁾ -----	Ca ⁽²⁾ -----	Mg ⁽²⁾ -----	CTCe	CTCt	V ⁽⁵⁾ %
T0	6,0	22,4	83	33	5	0,07	3,18	3,72	1,76	5,65	1,76	64
T1	6,9	26,3	156	43	15	0	1,74	6,82	2,32	9,32	11,06	67
T2	7,3	30,2	251	65	20	0	1,06	6,28	3,4	9,94	11	90
T3	7,6	42,3	171	60	20	0	1,08	4,1	3,53	8,28	9,36	88
T4	5,9	46,9	61	35	5	0,19	3,3	3,95	2,06	6,31	9,42	65
T5	5,8	51,6	54	190	30	0,14	3,93	2,6	2,17	5,53	9,32	58
T6	5,7	58,9	50	200	35	0,19	4,34	3,08	1,47	5,4	9,55	55

Determinações: (1) Extrator de Mehlich-1; (2) Extrator de KCL 1,0 M; (3) Extrator de Acetato de cálcio a pH 7,0; (4) Método de Welkley-Black; (5) Saturação por bases.

Tratamentos

Os tratamentos consistiram em T0 – 100% solo; T1 - solo + 10% de esterco ovino; T2 – solo + 20% de esterco ovino; T3 – solo + 33% de esterco ovino; T4 – solo + 10% de pó de café; T5 – solo + 20% de pó de café; T6 – solo + 33%. As proporções adicionadas ao solo foram 9:1 para o T1 e T4 sendo 9 porções de solo para 1 de esterco ovino e pó de café. 8:2 para T2 e T5, 3:1 para T3 e T6; 8 porções de solo para 2 de esterco ovino; 3 de solo para 1 de esterco ovino. 9:1 para o T1, 8:2 para T2 e 3:1 para T3, sendo 9 porções de solo para 1 de esterco ovino; 8 porções de solo para 2 de esterco ovino; 3 de solo para 1 de esterco ovino.

Parâmetros avaliados

Foram realizadas medições a cada 8 dias. Após a emergência das plântulas, mensurou-se altura da planta, diâmetro do colmo e comprimento da raiz todas às 9:00 da manhã.

Determinação da altura e comprimento da raiz foi mensurada com auxílio de uma régua graduada de escala 1:100. Para medir o diâmetro usou-se paquímetro eletrônico a 1 cm do solo.

A área foliar foi mensurada através de um integrador de área foliar Li-Cor modelo LI-3100C. Em seguida, o material vegetal foi fracionado em parte aérea (caule, folhas) e raízes e encaminhado para estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C por 48 horas até atingir peso constante, e posteriormente pesadas em balança analítica para obtenção da massa seca.

Análises de dados

Para verificar a normalidade no desenvolvimento das plantas submetidas a diferentes substratos, os dados foram submetidos a análises de erro padrão da média de cada tratamento. O erro sendo aceitável, foi colocado na análise de variância, e em seguida realizado análises de regressão, adotando-se o nível de 5% de significância para ambas. O programa estatístico utilizado foi o Sisvar 5.6 sendo utilizado o delineamento inteiramente casualizado – DIC.

Resultados e Discussão

Quando avaliadas as variáveis de altura e diâmetro do caule obtido pela metodologia (Figura 1), observa-se que, as mudas de *Moringa oleífera* Lam apresentam maior altura na

testemunha quando comparado aos tratamentos com borra de café, e desenvolvimento similar quando comparado com os tratamentos de esterco ovino. A testemunha demonstra maior desempenho e qualidade das mudas, apresentando percentual de altura média de 39,09%; 50,33 e 72,43% nas concentrações de 10, 20 e 33% de borra de café, respectivamente aos 63 dias após o plantio - DAP (Figura 1B). A testemunha quando comparada as concentrações de esterco ovino

foi superior com 13,86%; 7,08 e 12,69% nas concentrações de 10, 20 e 33% aos 63 DAP (Figura 1A). Desta forma, fica evidente que, o substrato de ovino comparado com a testemunha, não apresenta discrepância. Em relação à altura nas concentrações de ovino, não se observa diferença visíveis nos tratamentos de ovinos, e o crescimento demonstra certo grau de continuidade, porém a borra de café interfere de forma negativa na altura (Figura 1A e 1B).

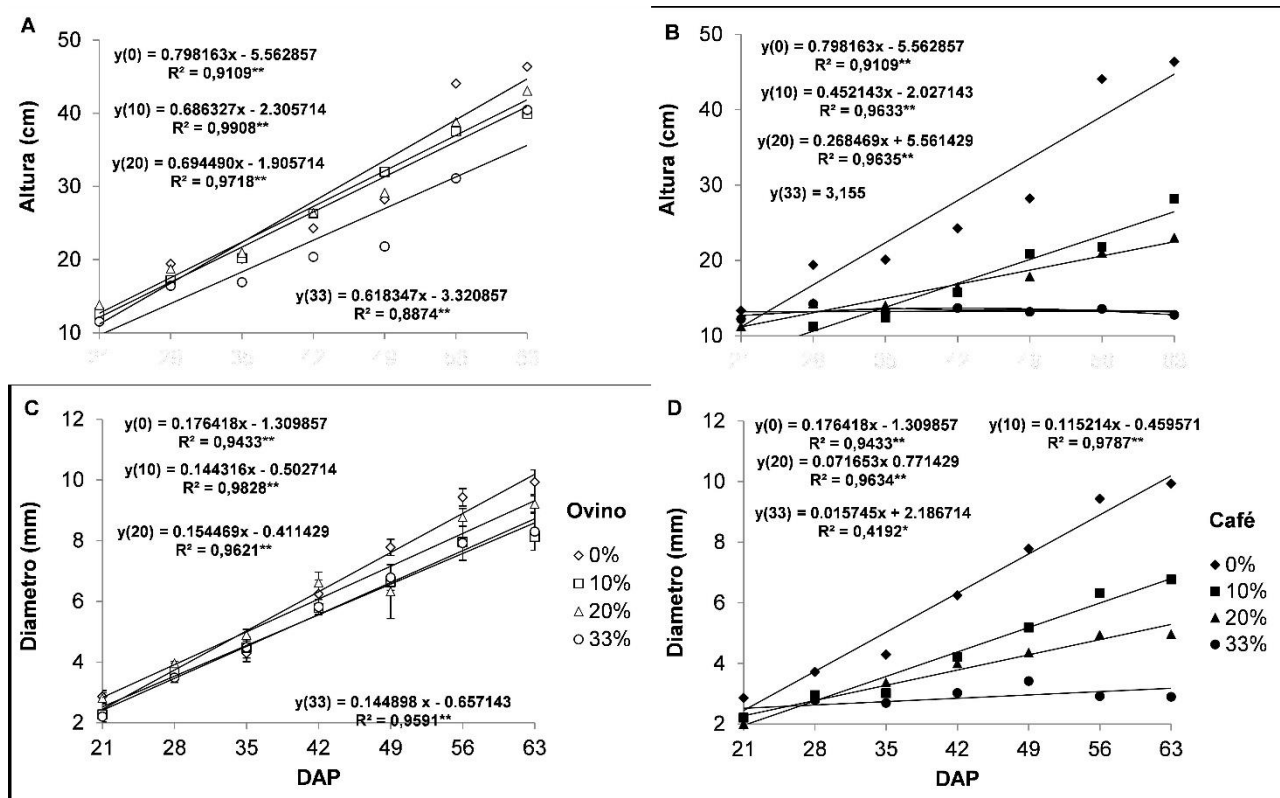


Figura 1. Altura (A e C) e Diâmetro do caule (C e D), das plantas de *Moringa oleifera* Lam, submetidas a substratos com diferentes concentrações (0, 10, 20 e 33 %), de esterco ovino e borra de café.

Regressão com *: significativo (P>0,05); **: significativo (P).

O diâmetro durante as observações teve comportamento linear, nas concentrações de esterco ovino em relação a testemunha, e não apresenta diferença. Vale ressaltar que, tanto a testemunha quanto o esterco de ovino, apresentam comportamento semelhante na variável altura e diâmetro (Figura 1A e 1C). Já as concentrações de borra de café observam-se influência negativa, onde quanto maior, menor diâmetro e altura (Figura 1B e 1D). A borra de café apresenta redução de 31,83%; 50,06 e 70,9% nas concentrações 10, 20 e 33% em relação a testemunha, em 63 DAP (Figura 1D).

Os substratos contendo borra de café usado nas análises do desenvolvimento inicial proporciona diminuição contínua da área foliar.

Portanto, evidencia-se que a espécie não foi favorecida. Analisando-se o declínio desta variável conforme o incremento em maior concentração deste componente verifica-se um melhor comportamento da área da testemunha, com uma diminuição de 17,39%; 44,41 e 94,33% para 10, 20 e 33% da concentração da borra de café quando comparados com a testemunha (Figura 2A).

O comprimento da raiz comporta-se de forma semelhante em ambos os tratamentos, as quais evidenciam que, as menores concentrações (10%), ocasionam acréscimo de 44,82% no

esterco ovino e 28,28% na borra de café. Porém à medida que, foi acrescido os compostos com 20 e 33%, obtiveram-se a diminuição, quando comparados a testemunha (Figura 1B).

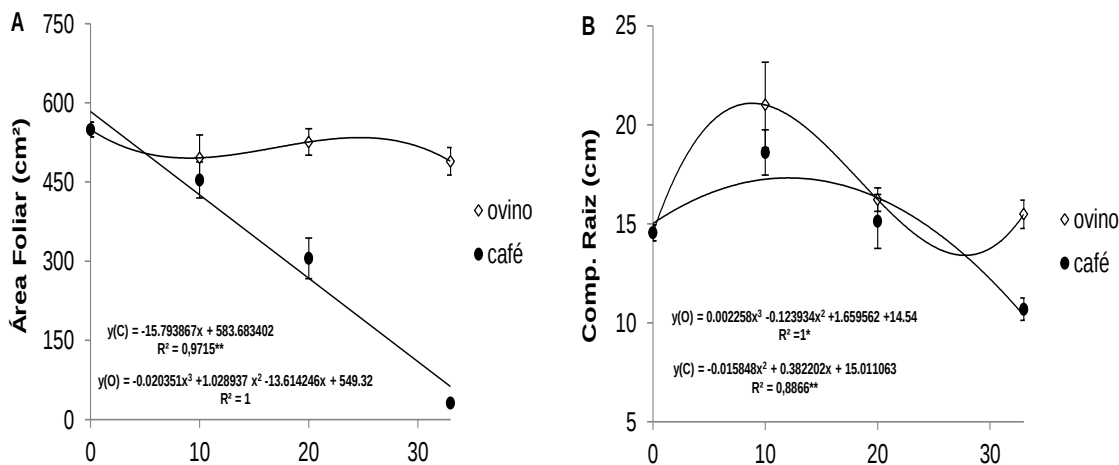


Figura 2. Área foliar (A) e comprimento da raiz (B,) das plantas de *Moringa oleífera* Lam, submetidas substratos com diferentes concentrações (0, 10, 20 e 33%), de esterco ovino e borra de café. Regressão com *: significativo ($P > 0,05$); **: significativo (P).

Nota-se diferença nas concentrações de borra de café e esterco ovino no acúmulo da matéria seca, quando comparadas com a testemunha. A mesma é superior as concentrações estudadas, tendo maior diferença quando comparada a 10% de ovino, e 33% de borra de café, apresentando um aumento de 48,39 e 97,5%, respectivamente (Figura 3A).

Em relação ao acúmulo de massa da folha, os tratamentos de ovino apresentam comportamento crescente no acúmulo relacionado com o aumento das concentrações, obtendo valores de 6,37%; 26,69 e 19,12% quando comparados com a testemunha (Figura 1B). Já as concentrações de borra de café são inversamente proporcionais, quanto maior o percentual da mistura do substrato, menor o valor obtido para massa seca da folha com percentuais de redução de 21,11%; 39,84 e 93,62% nas concentrações de 10, 20 e 33%, respectivamente.

Na biomassa da raiz, observa-se comportamento crescente para esterco ovino,

nas concentrações de 10, 20 e 33%, sendo 20,94, 55,09 e 28,72% quando comparado com a testemunha. Na borra de café ocorre comportamento inverso ao observado no esterco ovino, onde tem redução da MSR quando aumentada as concentrações desse componente no solo. A borra de café reduziu a MSR em 31,59, 59,79 e 68,92% nas concentrações 10, 20 e 33%, respectivamente, quando comparadas a testemunha.

Na fitomassa total observa-se que, ocorre decréscimo para esterco ovino na concentração 10%, apresentando diminuição de 8,63% quando comparada à testemunha, o mesmo é observado na MSC (Figura 1A e 1D). Nas concentrações de 20 e 33% de esterco ovino ocorre acréscimo de 18,03 e 3,44% em relação a testemunha. Para a borra de café somente ocorre decréscimo em todas as concentrações, sendo observada diminuição de 38,16, 61,52 e 85,08% respectivamente, comparados a testemunha (Figura 1A).

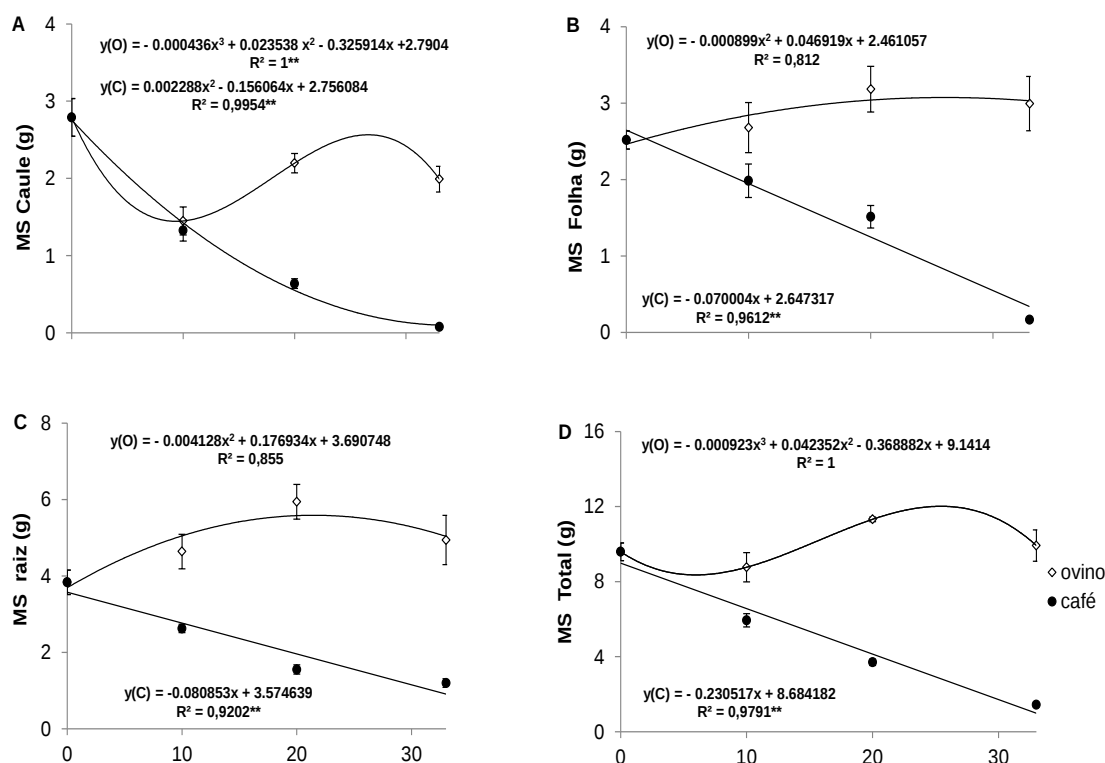


Figura 3. Massa seca do caule (MSC) (A), massa seca de folhas (MSF) (B), massa seca da raiz (MSR) (C) e massa seca total (MST) (D) de *Moringa oleífera* Lam, submetidas substratos com diferentes concentrações (0, 10, 20 e 33 %), de esterco ovino e borra de café.

Nota-se que, as concentrações tanto de esterco ovino como borra de café interferem no desenvolvimento das mudas. Desta forma, fica evidente que, as concentrações de borra de café mais altas são prejudiciais para a variável altura, obtendo valores inferiores quando comparada a testemunha, enquanto que, o esterco ovino não apresenta diferença no desenvolvimento quando comparado à altura.

Mendonça et al. (2003), utilizando diferentes substratos e recipientes na produção de mudas de mamoeiro Surinse solo, obtiveram mudas mais altas em substrato que continha esterco de curral, inclusive encontrando maior eficiência que o substrato comercial, quando utilizou saco para a produção das mudas.

Antunes et al. (2016), em estudo de *Acácia-negra* (*Acácia decurrens*), encontraram altura de plantas maiores com a aplicação de vermicompostos com a mistura de esterco bovino e resíduos de alimentos, entretanto, não diferiu estatisticamente das misturas de esterco bovino; esterco ovino; tratamento controle com adubação mineral; vermicomposto com a mistura de esterco bovino e lodo de arroz parbolizado; mistura de esterco ovino e resíduos de alimentos; e com a mistura de esterco bovino e resíduos de frutas; esterco

ovino e resíduos de alimentos; e com a mistura de esterco bovino e resíduos de frutas.

Estudo realizado por Pereira et al. (2014), concluíram que, o uso da adubação orgânica com esterco ovino favoreceu o crescimento e desenvolvimento da cultura do girassol, onde foi estudada as doses 0, 10, 20, 40, 60 e 80 Mg de esterco ovino. Ferreira (2011), mostrou resultados indicando que a borra de café, compostada ou não, bem como a sua concentração influenciam significativamente o crescimento das plantas de alface, quer em altura como em produção de biomassa.

Porém, em relação ao diâmetro, Araújo et al. (2014) mostraram com análises de regressão, que, à medida que se aumentou a dose de esterco, observou-se uma diminuição do diâmetro do caule. Os dados corroboram com o presente estudo onde foi observado redução do diâmetro com o aumento da concentração de esterco ovino na espécie da moringa.

Em experimento realizado por Ferreira (2011), observou que há evidências de que, no processo de compostagem da borra de café, intervenha no nitrogênio na mineralização da matéria orgânica. Deste modo, a borra de café quando aplicada diretamente no solo poderá reduzir a disponibilidade deste

elemento químico para as plantas. Ao invés de adubar, a borra de café retira este elemento que já estava presente no solo. Foi observado na análise de solo que, o aumento das concentrações de café, ocorre a redução do pH do solo, evidenciando um substrato mais ácido, e assim influenciando de forma negativa na absorção de nutrientes pela espécie avaliada, fazendo que seja inferior à testemunha nas avaliações (Tabela 1).

Negreiros et al. (2005), estudando diferentes substratos na formação de mudas de mamoeiro do grupo solo, obteve maior número de folhas por planta no substrato composto por esterco de curral, solo, areia e vermiculita na proporção de 2:1:1:1 v/v, em relação ao substrato ao que continha plantmax, esterco de curral, solo e areia nas proporções 1:1:1:1 v/v.

O esterco caprino e ovino é um produto valioso, e a sua utilização prevê tanto a possibilidade de recuperação de terrenos degradados como importante alternativa de fonte de renda dos produtores. Alguns estudos examinaram o potencial de utilização do esterco de caprinos e ovinos e todos ressaltam o seu valor, tendo em vista as comparações feitas com o esterco de bovinos, entretanto, poucos dados existem na literatura quanto ao seu uso (ALVES & PINHEIRO, 2008). O esterco de caprino é mais sólido e muito menos aquoso que o dos bovinos e suínos, tem a estrutura mais fofa, permitindo a aeração, e por essa razão fermentam rapidamente, podendo ser aproveitados na agricultura, após um menor período de curtição que os demais (HENRIQUES, 1997).

A produção de mudas de aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) em esterco ovino teve diâmetro do caule superior ao encontrado quando utilizou-se o esterco bovino (LIMA et al., 2017). Malavolta et al. (2002), citam que, o esterco ovino curtido apresenta em média maior percentual de nutrientes 0,83% (N; nitrogênio), 0,23% (P₂O₅; fósforo) e 0,67% (K₂O; potássio) em relação esterco bovino. Os autores relatam que o esterco bovino tem a percentagem de 0,40% (N; nitrogênio), 0,20% (P₂O₅; fósforo) e 0,44% (K₂O).

O sistema radicular nos substratos e concentrações diferentes, mostra o quanto eles influenciam no desenvolvimento radicular, considerando também a compostagem da borra de café, poderá ser uma prática importante e essencial para que se possa utilizar em segurança este resíduo como fertilizante orgânico. Existem evidências de que, no

processo de compostagem da borra de café, intervenha o nitrogênio na mineralização da matéria orgânica. Deste modo, a borra de café quando aplicada diretamente no solo poderá reduzir a disponibilidade deste elemento químico para as plantas. Ao invés de adubar, a borra de café retira este elemento que já estava presente no solo (FERREIRA, 2011). Os resultados obtidos no presente trabalho mostram que, com a aplicação da borra de café, altera o pH, tornando o solo mais ácido, deste modo, é recomendado a correção com calcário após sua adição.

A produção de matéria seca de folhas do moringa é significativa para a aplicação das doses de esterco ovino no solo (Figura 4). Esse resultado induz à inferir que, o esterco ovino foi capaz de incrementar a produção de fitomassa seca nas folhas das plantas à medida que, foram aumentadas as suas doses. A matéria seca é de 23% menor no tratamento sem adição de esterco ovino em comparação com o maior valor no tratamento com 40 mg.ha⁻¹, reduzindo-se de 41,81g para 32,05g, respectivamente.

Uma provável explicação para a resposta positiva do esterco na produção de matéria seca de folhas seria de que, o esterco provoca uma melhoria na arquitetura da planta, aumentando a interceptação da luz pela planta e consequentemente a produção fotossintética.

Conclusão

A borra de café e o esterco de ovino mostraram bom desempenho em menores concentrações, possibilitando a muda um incremento em sua fisiologia, desde altura até comprimento da raiz. Mais estudos serão necessários para indicar as concentrações ideais de borra de café e esterco de ovino como complemento de substrato.

Referências

ARAÚJO, A. C. de; ARAÚJO, A. C. de; DANTAS, M. K. L.; PEREIRA, W. E.; ALOUFA, M. A. I. Utilização de substratos orgânicos na produção de mudas de mamoeiro Formosa. Revista Brasileira de Agroecologia, v.8, n.1, p.210-216, 2013.

ANTUNES, R. M. Humificação de resíduos orgânicos durante a vermicompostagem e seu efeito nos atributos químicos do solo e no crescimento inicial de acácia negra (*Acacia mearnsii*). 86f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2009.

- COSTA, E.; SANTOS, L. C. R. dos; CARVALHO, C. de; LEAL, P. A. M.; GOMES, V. do A. Volumes de substratos comerciais, solo e composto orgânico afetando a formação de mudas de maracujazeiro-amarelo em diferentes ambientes de cultivo. *Revista Ceres*, v.58, n.2, p.216-222, 2011.
- DUTRA, T. R.; MASSAD, M. D.; SARMENTO, M. F. Q.; OLIVEIRA, J. C. Emergência e crescimento inicial da canafístula em diferentes substratos e métodos de superação de dormência. *Revista Caatinga*, v.25, n.2, p.65-71, 2012.
- FERREIRA, A. D. Influência da borra de café no crescimento e nas propriedades químicas e biológicas de plantas de alface (*Lactuca sativa* L.). 115f. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Segurança Alimentar). Escola Superior Agrária de Bragança. Instituto Politécnico de Bragança. Portugal, 2011.
- NÓBREGA, R. S. A.; PAULA, A. M.; BOAS, R. C. V.; NÓBREGA, J. C. A.; MOREIRA, F. M. S. Parâmetros morfológicos de mudas de *Sesbania virgata* (L.) Pers e de *Anadenanthera peregrina* (L.) cultivadas em substrato fertilizado com composto de lixo urbano. *Revista Árvore*, v.32, n.3, p.597-607, 2008.
- MENDONÇA, V.; ARAÚJO NETO, S. E. de; RAMOS, J. D.; PIO, R.; GONTIJO, T. C. A.; Diferentes substratos e recipientes na formação de mudas de mamoeiro 'Sunrise Solo'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.25, n.1, p.127-230, 2003.
- OLIVEIRA, R. N.; LIMA, J. S. S.; SILVA, S. A.; MARTINS FILHO, S. Produção de mudas de essências florestais em diferentes substratos e acompanhamento do desenvolvimento em campo. *Ciência e Agrotecnologia*, v.32, n.1, p.122-128, 2008.
- SAIDELLES, F. L. F.; CALDEIRA, M. V. W.; SCHIMER, W. N.; SPERANDIO, H. V. Casca de arroz carbonizada como substrato para produção de mudas de tamboril-da-mata e garapeira. *Semina: Ciências Agrárias*, v.30, n.1, p.1173-1186, 2009.
- SILVA, J. P. V.; SERRA, T. M.; GOSSMANN, M.; WOLF, C. R.; MENEGHETTI, M. R.; MENEGHETTI, S. M. P. Moringa oleifera oil: Studies of characterization and biodiesel production. *Biomass and Bioenergy*, v.34, n.10, p.1527-1530, 2010.
- SOUSA, W. C. E.; NÓBREGA, R. S. A.; NÓBREGA, J. C. A.; BRITO, D. R. S.; MOREIRA, F. M. S. Fontes de nitrogênio e caule decomposto de *Mauritia flexuosa* na nodulação e crescimento de *Enterolobium contortsiliquum*. *Revista Árvore*, v.37, p.969-979, 2015.

Capítulo 13

EFICIÊNCIA DE GESSO E COMPOSTOS MINERAIS EM SOLO SALINO SOB CULTIVO DE SORGO (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

Alciênia Silva Albuquerque¹
Rivaldo Vital dos Santos²
Walleska Pereira Medeiros³
Maria José de Holanda Leite⁴
Nathan Castro Fonsêca⁵
Juliana Miranda de Oliveira⁶
Juliana Soares da Silva⁷

^{1,5}Mestres em Ciências Florestais, UFRPE, Recife-Pernambuco, Brasil,
alcienia_albuquerque@hotmail.com; nathanflorestal@hotmail.com

²Dr.Prof. UFCG, Patos-Paraíba, Brasil, rvital@cstr.ufcg.edu.br

³Mestra em Ciências Florestais, UESB, Vitória da Conquista-Bahia, Brasil, walleskap@hotmail.com

⁴Dra. Profa., UFAL, Rio Largo - Alagoas, Brasil, maryholanda@gmail.com

⁶Mestra em Recursos Naturais, UFMS, Campo Grande-Mato Grosso do Sul, Brasil,
julianaoliveira.engflor@gmail.com

⁷Mestra em Ciências Florestais, UFRN, Macaíba-Rio Grande do Norte, Brasil, Julianacorem@gmail.com

Introdução

A salinidade e a sodicidade constituem como um dos principais responsáveis pela perda da capacidade produtiva dos solos, resultando em graves problemas socioeconômico (MUNNS & TESTER, 2008). A ocorrência de solos salinos, salino-sódicos e sódicos é comum nas regiões áridas e semiáridas em razão da baixa precipitação pluvial e alta taxa de evaporação (LEITE et al., 2016; DUARTE et al., 2012). Nestas circunstâncias, os sais não são lixiviados, acumulando-se em quantidades prejudiciais ao crescimento normal das plantas (RUIZ et al., 2006).

A maioria dessas áreas salinizadas localizam-se nos perímetros irrigados, onde mais de 25% apresentam declínio de rendimento provocado por sais. Do total da área explorada com irrigação no Brasil, o percentual de áreas atingidas pela salinidade varia de 3 a 29,4% da superfície agrícola útil e, em nível de Nordeste, equivale a percentagem média de 7,8%, isto é, da ordem de 2.000 ha (CARNEIRO et al., 2002).

Especificamente no Projeto de Irrigação de São Gonçalo, no estado da Paraíba, 24% de sua área encontra-se afetada, sem considerar as áreas que foram abandonadas por conta de excessos de sais e/ou sódio trocável (GOMES et al., 2000). Esses problemas decorridos após períodos sucessivos de irrigação, refletem-se na perda da fertilidade, restrição ao movimento livre de ar, água, enraizamento e produtividade das culturas, o que provoca graves transtornos

de natureza econômica e ambiental (LEITE, 2002; LEITE et al., 2001; CAVALCANTE et al., 2002).

Os solos salinos sódicos são caracterizados por uma profunda heterogeneidade, apresentando manchas desnudas e propriedades químicas e físicas desfavoráveis às plantas, especialmente os solos sódicos que apresentam, normalmente, reação alcalina, com valores de pH superiores a 8,5 e elevada concentração de cátions de sódio adsorvido no complexo trocável, resultando num solo impermeável, difícil de ser trabalhado e de baixa produtividade (SERTÃO & SANTOS, 2005).

A baixa produtividade das culturas nos perímetros irrigados é de ocorrência comum e o subsequente abandono das terras é uma prática rotineira. Neste aspecto, é imprescindível a necessidade de técnicas de recuperação das áreas degradadas com finalidade de restabelecer a capacidade produtiva e minimizar o abandono dessas terras. Uma das alternativas sugeridas é a avaliação dos atributos químicos do solo, como forma de auxiliar o uso de corretivos para melhoria do solo (ALBUQUERQUE et al., 2018a).

O uso de corretivos, principalmente o gesso, vem sendo uma opção para a recuperação dessas áreas. Além disso, a avaliação de fontes alternativas, como coprodutos de mineradoras (por exemplo, a vermiculita e o caulim) e esterco bovinos, constituem opções promissoras (LEITE et al., 2016), pois o uso destes subprodutos na

agricultura, contribui para a solução dos problemas ambientais, ocasionados aos serem descartados no ambiente e na disponibilidade de nutrientes essenciais para as plantas (PEREIRA et al., 2008).

A espécie vegetal, *Sorghum bicolor* (L. Moench) considerada tolerante à salinidade (TABOSA et al., 2007; OLIVEIRA & GOMES FILHO, 2011; BONFIM-SILVA et al., 2012) também, pode se constituir como uma alternativa viável para o aproveitamento de recursos hídricos e solos afetados por sais (KRISHNAMURTHY et al., 2007). É uma cultura que no contexto da agropecuária brasileira vem se destacando a cada dia, por ser uma gramínea energética, com alta digestibilidade, produtividade e adaptação a ambientes secos e quentes, nos quais é difícil o cultivo de outras espécies. A planta é utilizada para silagem ou corte verde, para pastejo, e os grãos em rações animais e para o consumo humano (BUSO et al., 2011).

Diante do exposto, é possível que a aplicação combinada de corretivos, coprodutos de mineradoras e esterco bovino, seja uma alternativa para mitigar os efeitos causados aos solos pela salinidade, possibilitando assim, o cultivo de espécies agrícolas, a exemplo do *Sorghum bicolor*, de modo que essas áreas voltem a ser produtivas, evitando assim, o

abandono. Por essa razão, objetiva-se avaliar a eficiência da aplicação de gesso e coprodutos alternativos na recuperação de solos salinos e no possível cultivo de *Sorghum bicolor* (L. Moench).

Material e Métodos

Área de estudo

O experimento foi conduzido na casa de vegetação, localizada no Centro de Saúde e Tecnologia Rural, da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Patos, Paraíba, sob as coordenadas geográficas de latitude 7° 13'08"S, longitude 35° 54'05" N e altitude de 250 metros.

O solo foi coletado em lote salinizado do Perímetro Irrigado Engenheiro Arco Verde, Condado-PB (Figura 1), distante 377 km da capital João Pessoa. Nesta região a temperatura média mensal varia de 24 a 27°C. Os meses com maior temperatura correspondem ao período de outubro a dezembro, e com menor temperatura, de maio a agosto. Predomina o clima semiárido, caracterizado por uma precipitação média anual em torno de 785mm, e evaporação média anual em torno de 2.290 mm (INMET, 2018). A geologia é caracterizada por solos rasos, pedregosos e impermeáveis (LEITE et al., 2012).



Figura 1. Lote salinizado do Perímetro Irrigado Engenheiro Arco Verde, Condado-PB.

Coleta de solo, sementes e preparo do substrato

O lote onde foi realizada a coleta de solo encontra-se abandonado devido o processo de salinização (LEÃO et al., 2009). As amostras foram coletadas de 0-30 cm de profundidade e, após secas ao ar e destorroadas foram passadas

em peneira com malha de 2mm de abertura e, em seguida, homogeneizadas para posterior caracterização química e física. As análises iniciais, química e física das amostras, foram realizadas seguindo método proposto por Camargo et al. (1986)(Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química e física do solo, lote salinizado do Perímetro Irrigado Engenheiro Arco Verde, Condado-PB

Análise química do solo										
pH	P	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	H ⁺²⁺ Al ³⁺	CTC	V	PST	CE _{1:5}
	(Mg kg ⁻¹)			(cmolc dm ³)				%		(dS m ⁻¹)
6,35	62,9	6,1	3,1	0,45	19,57	1,1	30,3	96,4	64,58	0,8
Análise física do solo										
Areia (g kg ⁻¹)			Argila (g kg ⁻¹)			Silte (g kg ⁻¹)				
300			240			460				

O extrato de saturação do solo foi obtido segundo o procedimento descrito em Embrapa (2011). O cálcio (Ca) e o magnésio (Mg) foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, e o sódio (Na) e potássio (K), por fotometria de emissão (EMBRAPA, 2011). A partir desses foi calculada a Porcentagem de Sódio Trocável (PST) por meio da Equação 1.

$$PST = \frac{Na}{CTC} * 100 \quad (Eq.1)$$

Em que: PST = Porcentagem de Sódio Trocável; Na = sódio; CTC = Capacidade de troca de cátions.

Os tratamentos testados foram o de ausência e presença (100% da necessidade) de gesso agrícola, 2 tipos de composto, (1) coproduto de vermiculita + esterco bovino (2:3, v:v) e (2) coproduto de caulim + esterco bovino (2:3, v:v) (Figura 2), e 5 doses de cada composto (0, 15, 30, 45 e 60%) volume por vaso (v:v), com 3 repetições, totalizando 60 vasos, com capacidade para 9 litros.



Figura 2. Homogeneização do solo: A= Rejeito de vermiculita + esterco bovino; B= Rejeito de caulim + esterco bovino.

Na primeira etapa do experimento foi aplicado gesso em metade dos vasos (n=30). Antes de sua aplicação, o gesso agrícola foi peneirado em malha de 2,0mm, sendo posteriormente incorporado e homogeneizado ao solo. A quantidade de gesso aplicada foi de 8,3gkg⁻¹, calculada pela equação (Na = 1,2NG-0,52) (CHAUHAN & CHAUHAN, 1979). Em seguida, os vasos com ausência (n=30) e presença de gesso agrícola (n=30) foram mantidos incubados por um período de 40 dias a 70% da capacidade de campo.

Após 40 dias foram realizadas 3 lavagens do solo com intervalo de 24 horas, em seguida aplicou-se um volume d'água

equivalente a 1L por vaso. 24 horas depois das lavagens foram coletadas amostras de 50g de solo de cada vaso para análise química do solo, seguindo o procedimento descrito em Embrapa (2011). Observou-se os valores de pH, P(Mg kg⁻¹), Ca⁺², K⁺, Mg⁺², Na⁺, H⁺²⁺Al³⁺ e CTC (cmol dm⁻³), PST, V(%) e CE (dS m⁻¹). Posteriormente, procedeu-se a semeadura, onde foram colocadas 10 sementes/vaso da espécie *Sorghum bicolor* e 15 dias após a germinação foi efetuado o desbaste, mantendo-se 3 plantas por vaso.

Após 3 meses de crescimento das plantas, foram efetuadas medições da altura da planta, diâmetro do colo (DC), número de folhas

(NF) de cada planta/vaso e, sucessivamente foram cortadas e a parte aérea acondicionadas em sacos de papel, obtendo-se a massa fresca foliar da parte aérea (MFPA) a partir da pesagem do material fresco em balança analítica de precisão a 0,001g. Em seguida as amostras foram acondicionadas em sacos de papel Kraft e postas para secar em estufa com ventilação forçada a 60°C até atingirem o peso constante, e posteriormente realizou-se a pesagem do material em balança analíticas, obtendo-se a massa seca da parte aérea (MSPA). As raízes também foram coletadas, lavadas em água corrente, e secas em estufa com ventilação forçada a 60°C, e após pesadas, para obtenção da massa seca radicular (MSR).

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em fatorial 2 x 2 x 5,

sendo 2 níveis de gesso (ausência e presença), 2 níveis de coprodutos (vermiculita + esterco bovino e caulim + esterco bovino) e 5 doses de cada composto (0, 15, 30, 45 e 60%). Para verificar o efeito do corretivo (gesso) e dos coprodutos, foi realizada a análise de variância e aplicado o teste de média Tukey a 5%. Para o efeito das doses, foi aplicado regressão polinomial. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa computacional Sisvar 5.3 (FERREIRA, 2011).

Resultados e Discussão

Análise química do solo após lavagens

Pelos resultados obtidos constata-se redução do pH e dos teores de Na trocável mais solúvel e aumento na condutividade elétrica com a aplicação do gesso (Tabela 2).

Tabela 2. Atributos químicos do solo após lavagem

Gesso	pH	P	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	CTC	V	CE 1:5
%		(Mg kg ⁻¹)			cmol _c dm ⁻³				%	(dS/m)
00	8,7a	121,3a	8,9 b	3,7b	0,27a	27 a	0,63b	41,3b	98,8a	0,89 b
100	7,9b	123,6a	20,3a	5,5a	0,28a	19 b	0,77a	46 a	98,5a	1,25 a

A redução do pH explica-se pela lixiviação dos ânions carbonatos, bicarbonatos e hidroxilas do solo. Leite et al. (2012), também constataram que, após a gessagem seguida de lavagem, o valor do pH reduziu-se, revelando que esse procedimento reduz a concentração hidrogeniônica do solo. Apesar de ter lavado mais sais solúveis, àqueles em cuja composição tem o Na permaneceram no solo.

Em geral a salinidade está relacionada a sais do tipo cloreto de sódio, sulfato de cálcio e magnésio, e ainda, bicarbonatos, portanto como estão na forma de hidróxidos, essas substâncias ao se solubilizarem em presença de água vão embora com a mesma, deixando um déficit de OH⁻ no solo, e ficando mais H⁺, reduzindo, portanto, o pH (ALBUQUERQUE et al., 2018b).

Ao se promover a dissociação do cálcio presente no gesso e ele fica depositado no solo aumentando a salinidade e, conseqüentemente, a condutividade elétrica, assim, pode se observar que, a quantidade de cálcio presente na amostra com gesso quase triplica. Santos et al. (2012) afirmam que, o gesso eleva inicialmente a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, a liberação de Ca⁺⁺ no solo é acentuada quando aplicado o gesso + esterco bovino, e que a água da chuva e a drenagem, apresentam eficiência na redução da CE do solo.

A redução do sódio pode se dar a partir da reação dos íons de sódio presente no solo com íons sulfatos que estão dissociados. Rodrigues (2011) constatou que, a lavagem intermitente durante 57 dias, exerceu efeito positivo na lixiviação dos sais do solo. Situação semelhante foi verificada por Barros et al. (2004) utilizando água e gesso para a redução da salinidade e da sodicidade de um solo salino-sódico, adotando uma fração de lixiviação de uma vez o volume de poros.

Análise da solução eluída

Na omissão e presença de corretivo (100% da necessidade de gesso), os vasos ficaram 40 dias incubados, para em seguida serem realizadas as 3 lavagens, dos quais os 30 vasos que receberam a dosagem de gesso, observa-se que drenaram completamente, e os demais que não receberam o gesso, não drenaram. Em todas as lavagens a solução eluída foi coletada e analisada, avaliando os resultados de pH, Na e CE. Observa-se uma significativa redução nos valores de Na e CE, o que se deve ao fato de que ao serem lavados, os solos perdem grande quantidade de nutrientes e sais, pelo processo de lixiviação, e as lavagens sucessivas tendem a remover menos sais. O pH não apresenta diferença (Tabela 3).

Tabela 3. Valores da solução do solo, após aplicação do gesso

Lavagem	pH	Na	CE
		----cmol _c dm ⁻³ ----	--- (dS/m) ----
1	8,1a	30,6a	17,3a
2	8,4a	27,0a	15,1b
3	8,3a	19,2b	11,9a

Sucessivamente foram adicionadas as 5 doses do composto 1 (coproduto de vermiculita + esterco bovino) e composto 2 (coproduto de caulim + esterco bovino) respectivamente aos vasos, os quais ficaram incubados por 7 dias, e passaram por mais 3 lavagens, e observa-se que ocorreu drenagem em todos os vasos que receberam tratamento. Nas 3 sucessivas lavagens ocorreu uma redução nos valores de pH, Na e CE, o que constata resultado esperado, já que sucessivas lavagens tendem a lavar mais os sais.

Considerando a solução eluída do solo com e sem gesso, constata-se que onde houve

aplicação de gesso, o pH apresenta-se menor, e o teor de Na e CE são maiores, indicando que a aplicação do gesso proporciona uma maior dissolução dos sais. Ao avaliar a solução eluída do solo com aplicação dos compostos, observa-se que o pH se manteve inalterado, quanto ao teor de Na e CE. Observa-se resultados melhores nos vasos com aplicação do composto 2, pois estes apresentam maior lixiviação dos sais, tornando o solo mais equilibrado, e portanto, definindo uma breve eficiência na aplicação do composto (Tabela 4).

Tabela 4. Valores da solução eluída do solo, após aplicação dos compostos

Variáveis		pH	Na	CE
			cmol _c dm ⁻³	dS/m
Lavagens	1	7,9a	56,8a	5,2b
	2	8,3a	52,4a	6,8a
	3	8,1b	46,4b	3,9c
Gesso	00	8,2a	49,6b	4,3b
	100	8,0b	54,2a	6,4a
Compostos	C1	8,1a	48,2b	4,9b
	C2	8,1a	55,6a	5,7a

Legenda: C1= rejeito de vermiculita + esterco bovino C2= rejeito de caulim+ esterco bovino.

Crescimento do sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench)

Observa-se que a aplicação do gesso aumenta significativamente a Massa Seca Radicular (MSR) e reduz a Massa Fresca Parte Aérea (MFPA). Quanto as demais variáveis não se constata diferenças. A alta dose de gesso pode ter causado desbalanço na proporção dos

nutrientes do solo, por exemplo, a concentração de Ca onde aplicou-se gesso é de 20 cmol_cdm⁻³. Tais resultados estão de acordo com aqueles obtidos por Aquino (2007), que em sua pesquisa notou que, a salinidade aumentou a proporção de limbos foliares e reduziu a partição de matéria seca para colmos e raízes em sorgo (Tabela 5).

Tabela 5. Altura, número de folhas (NF), diâmetro do coleto (DC), massa fresca foliar (MFPA), massa seca foliar (MSPA) e massa seca radicular (MSR) do sorgo nas doses de gesso

Gesso	Altura	NF	DC	MFPA	MSPA	MSR
%	(cm)		(mm)	 g vaso ⁻¹		
00	84,9 a	8,3 a	8,6 a	65,4 a	8,6 a	2,4 b
100	82,7 a	8,0 a	8,9 a	51,8 b	8,0 a	4,5 a

Nas colunas, números seguidos de letras distintas diferem a 5% de probabilidade, segundo teste de Tukey.

Avaliando o efeito das doses dos compostos, de maneira geral nos valores médios das variáveis, constata-se, que somente ocorre diferenças significativas nos valores do número de folhas, onde o composto 2 supera o

composto 1, efeito contrário ao resultados de Wanderley et al. (2010), que com mamoeiro (*Ricinus communis*) observaram que, para o parâmetro número de folhas, não foi observado nenhum efeito significativo entre as médias dos

tratamentos com rejeito de caulim. As demais variáveis não apresentam significativas diferenças (Tabela 6).

Tabela 6. Efeito das distintas doses de compostos nos parâmetros de desenvolvimento da espécie *Sorghum bicolor*

Composto	Altura	NF	DC	MFPA	MSPA	MSR
%	(cm)		(mm)		 g vaso ⁻¹	
C1	82,5 a	7,9 b	8,7 a	55,5 a	7,9 a	3,8 a
C2	85,1 a	8,3 a	8,8 a	61,8 a	8,6 a	3,1 a

Nas colunas, números seguidos de letras diferentes diferem a 5% de probabilidade, segundo teste de Tukey, C1= coproduto de vermiculita + esterco bovino; C2= coproduto de caulim + esterco bovino.

Comparando-se o efeito dos compostos nos diferentes tipos de tratamentos, observa-se diferença significativa apenas no número de folhas, onde os compostos 1 e 2 no tratamento com 100% da necessidade de gesso, diferem, mostrando que, os resultados do composto 2 (coproduto de caulim + esterco bovino) supera os resultados do composto 1 (coproduto de vermiculita + esterco bovino). As demais

variáveis não apresentam significativas diferenças. Assim pode-se observar que, a aplicação de 100% da necessidade de gesso, juntamente com o composto 2 (rejeito de caulim mais esterco bovino), pode ser uma alternativa, para maior produção de folhas, dado bastante útil na utilização do sorgo como pastagem (Tabela 7).

Tabela 7. Efeito dos compostos nos diferentes tipos de tratamentos

Gesso	Composto	Altura	NF	DC	MFPA	MSPA	MSR
%		(cm)		(mm)		 g vaso ⁻¹	
00	C1	84,6 a	8,3a	8,5 a	60,3 a	7,8 a	2,8 a
	C2	85,3 a	8,3a	8,7 a	70,5 a	8,1 a	1,9 a
100	C1	80,3 a	7,6 b	8,7 a	50,3 a	8,1 a	4,8 a
	C2	85,0 a	8,4 a	9,0 a	56,6 a	9,1 a	4,2 a

Nas colunas, números seguidos de letras diferentes diferem a 5% de probabilidade, segundo teste de Tukey, C1= coproduto de vermiculita + esterco bovino, C2= coproduto de caulim + esterco bovino.

Doses dos compostos

Analisando apenas as diferentes dosagens de compostos, sem levar em consideração os tratamentos e os substratos, observa-se um aumento na altura, MFPA e MSPA para a espécie *Sorghum bicolor*, assim, pode-se associar os resultados encontrados, aos de Trajano (2010), que afirma que, a dosagem de até 50% de coprodutos de caulim e vermiculita, juntamente com adição de matéria orgânica, propiciou melhor desenvolvimento das mudas de pinhão manso (*Jatropha Curcas* L.).

Observa-se que, as doses crescentes dos compostos, aumenta a altura do *Sorghum bicolor*, mostrando um crescimento máximo entre as doses de 30 e 45% v:v, e sucessivamente, demonstrando uma queda entre as doses 45 e 60% (Figura 3A). Na Figura

3B, observa-se que as doses crescentes influenciam de maneira positiva no número de folhas e no diâmetro do coleto.

Nas Figuras 3C e 3D verifica-se que, o comportamento da Massa Fresca da Parte Aérea e a Massa Seca da Parte Aérea apresentam o mesmo comportamento, respondendo positivamente as doses crescentes. Já na Massa Seca Radicular, as doses de 30 a 45% mostram valores máximos para a variável. Contudo, constata-se que, as doses crescentes dos compostos, influenciam positivamente nas variáveis estudadas para o *Sorghum bicolor*.

Observa-se que resulta no aumento dos parâmetros de crescimento nas plantas, com exceção da MSR, porém, observa-se que o tratamento que não recebeu gesso também responde de forma positiva em todas as variáveis (Figura 4).

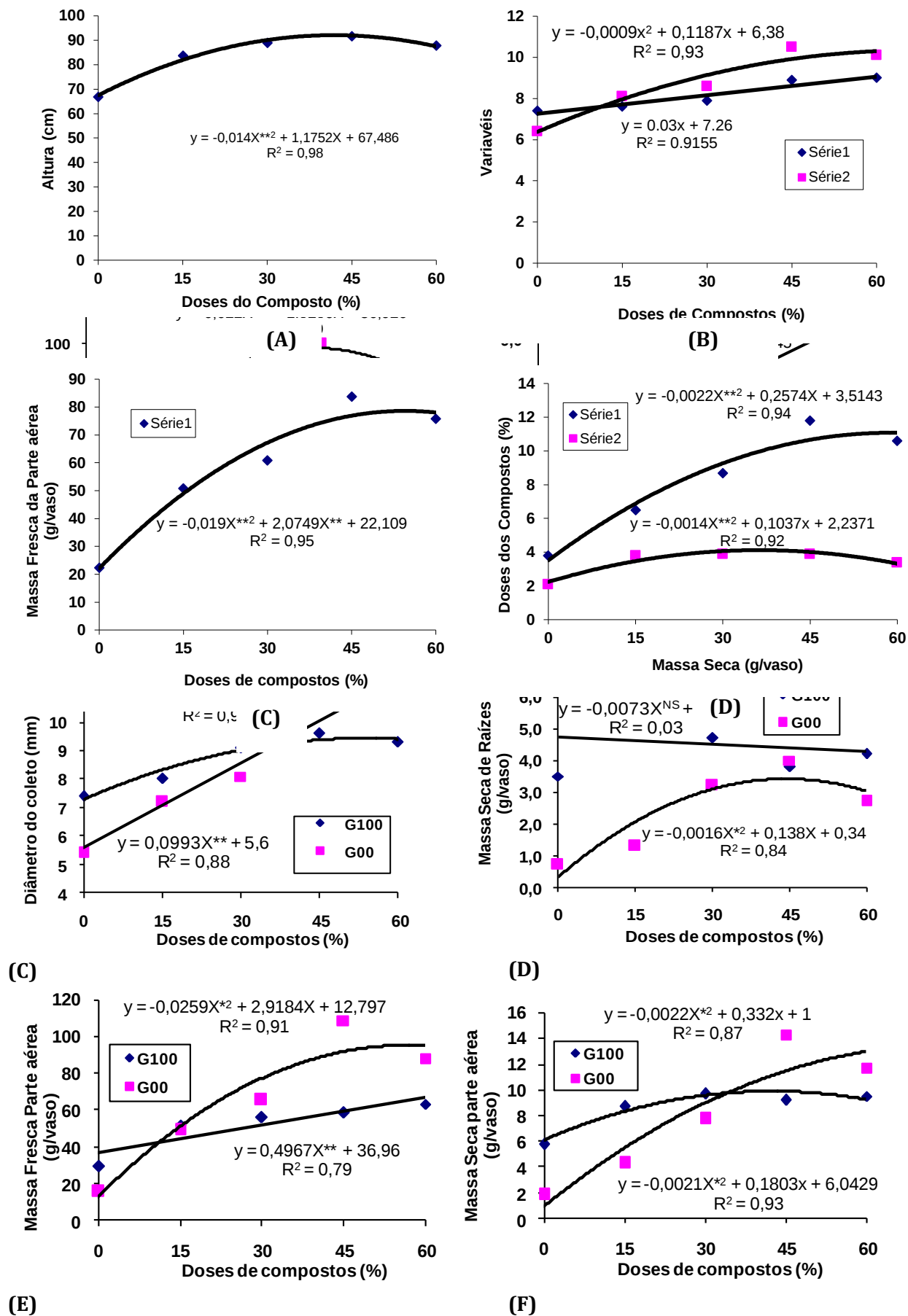


Figura 4. Comportamento das mudas de *Sorghum bicolor*, considerando a omissão e presença de gesso.

Esses resultados justificam a importância da utilização dos compostos na recuperação dos solos, e consequentemente no cultivo de espécies agrícola, visto que, o uso de compostos à base de caulim, vermiculita e matéria orgânica, associados ou não ao gesso agrícola, também contribui para diminuir a salinidade do solo e isso pode ter favorecido o crescimento das plantas.

A variável altura, na ausência de gesso, indica um crescimento máximo entre as doses de 30 e 45% dos compostos, efeito contrário ao observado com a presença de gesso, que não influencia no crescimento em altura das plantas (Figura 4A). Quanto ao número de folhas, os 2 tipos de tratamentos apresentam resultados satisfatórios, com uma maior quantidade de folhas, na medida em que se aplicou as doses crescentes de compostos (Figura 4B). Já na variável diâmetro do colo, o tratamento ausência de gesso mostrou-se mais eficiente, apresentando um maior crescimento das plantas nas doses de 30 e 45% dos compostos (Figura 4C).

Para a massa seca radicular, a presença de gesso não influencia de forma positiva, ocorrendo uma queda de peso, a medida em que se aumentaram-se as doses. Na ausência do gesso, o comportamento apresenta-se contrário, ocorrendo um máximo de peso de massa seca radicular, entre as doses de 30 e 45% (Figura 4D). Na Figura 4E e 4F observa-se

a Massa Foliar (Fresca e Seca), e os resultados demonstram que, os diferentes níveis de gesso (ausência e presença) influenciam de forma significativa, enfatizando um maior crescimento da massa fresca foliar no tratamento com presença de gesso na dose máxima aplicada dos compostos (60%).

De forma geral, os resultados apresentados indicam que, o uso do gesso agrícola apesar de proporcionar melhorias nos atributos químicos do solo, não tem influência direta no crescimento das plantas, corroborando com os trabalhos de Leite et al. (2016) em que, os compostos à base de vermiculita e de caulim, independentemente da aplicação de gesso agrícola obtiverem resultados satisfatórios.

Já Barros et al. (2009) verificaram que, a aplicação de gesso incorporado ao solo, promoveu maior percentagem de germinação e aumento nos parâmetros de crescimento das plantas.

O crescimento das mudas, levando em consideração apenas o efeito dos compostos (1 e 2), permite observar que, ambos apresentam resultados satisfatórios (Figura 5), porém, é notório que, o coproduto de caulim + esterco bovino se comporta de forma positiva em todas as variáveis, mostrando maior eficácia, em suas doses máximas avaliadas (45 e 60%).

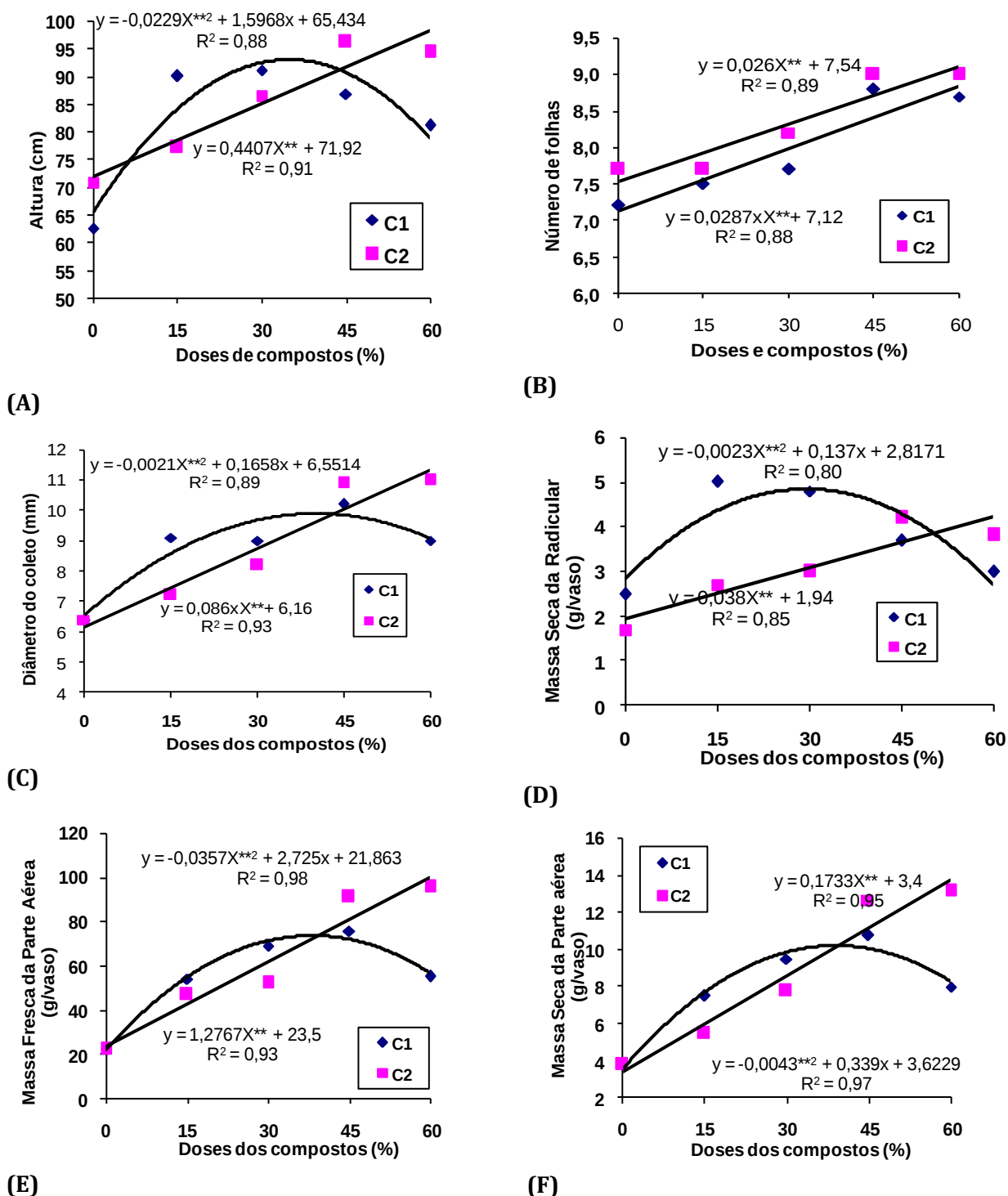


Figura 5. Comportamento das mudas de *Sorghum bicolor*, considerando o efeito dos compostos.

Com relação ao comportamento das mudas de *Sorghum bicolor*, considerando o efeito do tratamento (presença de gesso), nos 2 tipos de substrato, são observados

comportamentos não significativos segundo a análise de regressão, quando se comparando o tratamento, ao substrato, e a dosagem utilizada (Figura 6).

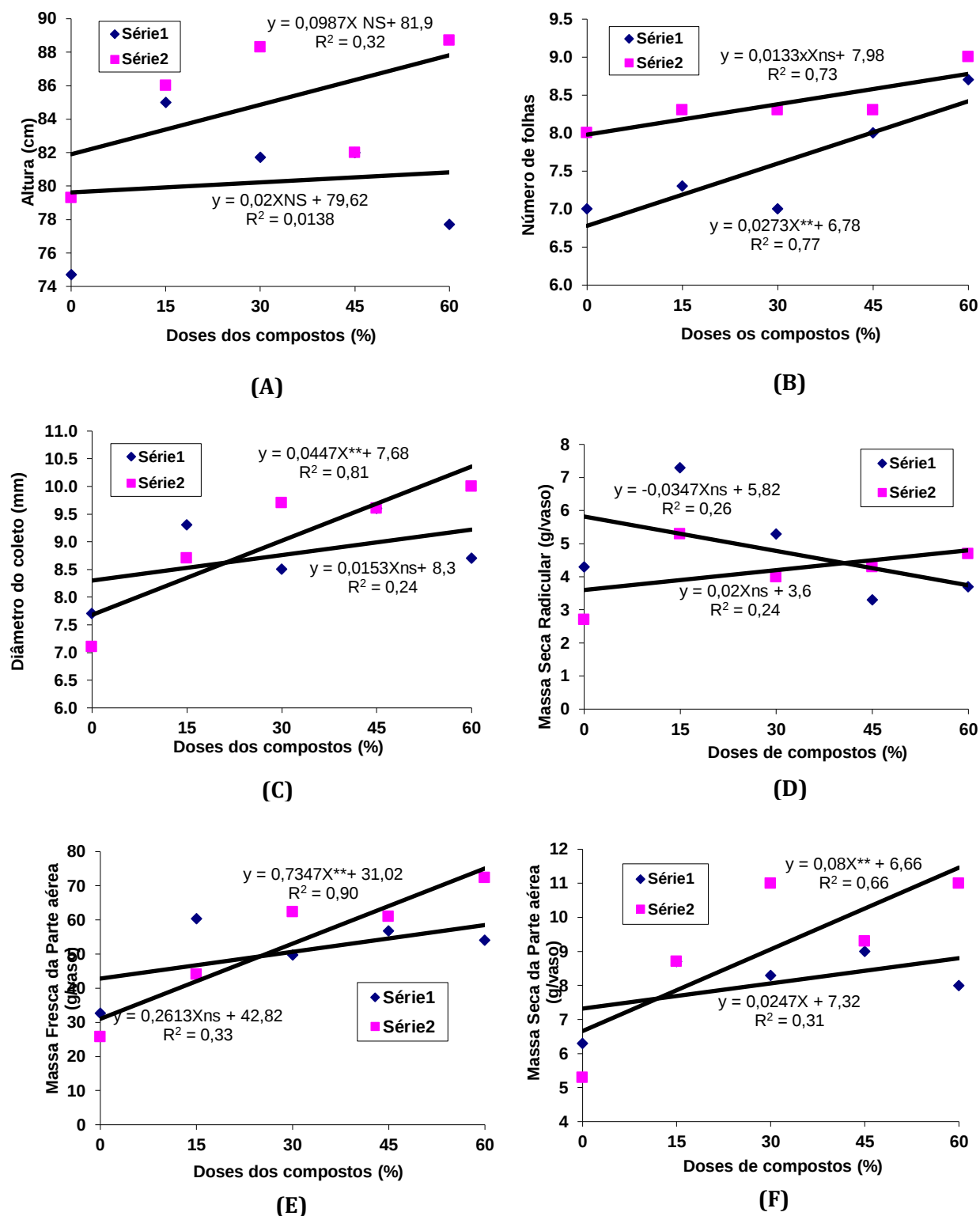


Figura 6. Comportamento das mudas de *Sorghum bicolor*, considerando o efeito do tratamento presença de gesso, junto com substratos e respectivas doses.

Na Altura (Figura 6A), ambos os compostos não se apresentam significativos, porém, observa-se máxima de resultados na dose de 60%. No Número de Folhas, os compostos apresentam os maiores resultados na dosagem máxima, embora o composto 2 não tenha apresentado significativo (Figura 6B). Para a variável diâmetro do coleto, o composto

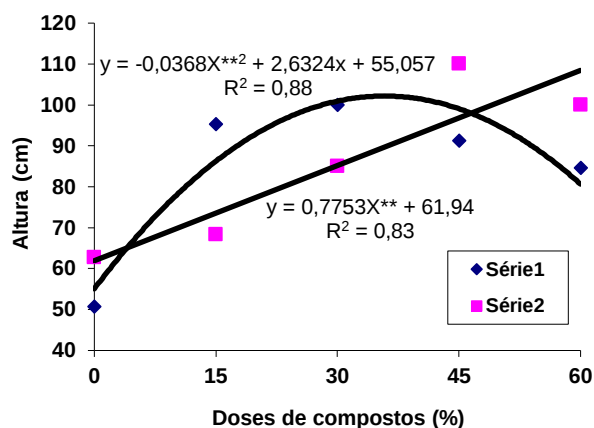
1 apresenta-se não significativo, mas ambos compostos apresentam resultados máximos na dosagem de 60% (Figura 6C).

Já na Massa Seca Radicular, o composto 1 indica maiores resultados na dose de 00%, sendo inversamente proporcional ao composto 2, e ambos os compostos se mostram não significativos (Figura 6D). As Massas Foliar

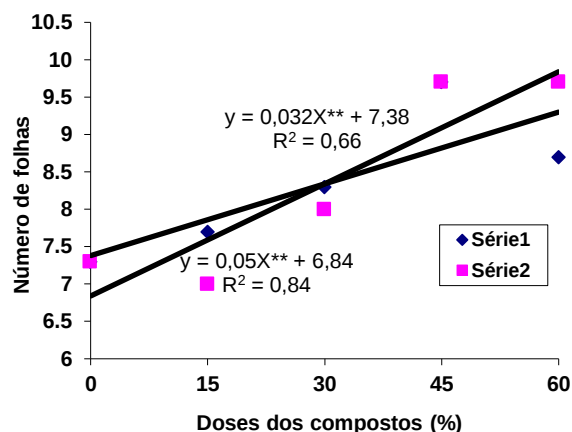
Fresca e Seca (Figuras 6E e 6F), apresentam comportamentos similares ao se comparar os compostos 1 e 2, onde ambas apresentam melhores resultados na aplicação máxima do composto. Mesmo o composto 2 apresentando resultado não significativo para a massa fresca

foliar, ocorre interferência do mesmo na variável (Figura 6E).

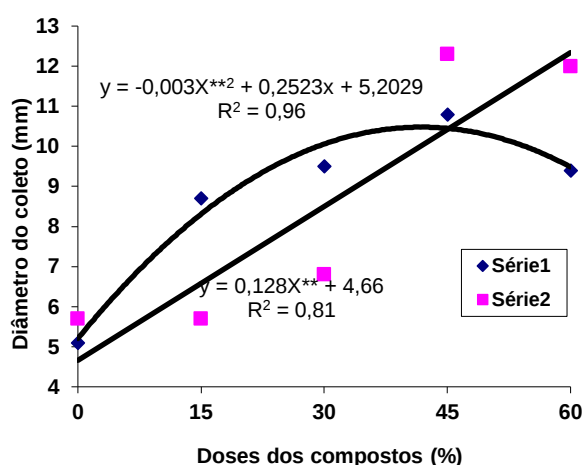
Levando em consideração a omissão do gesso, verifica-se que o composto 2, apresenta resultados superiores em todas as variáveis, quando aplicado em sua dosagem máxima (Figura 7A) e na dose de 60% (Figura 7B).



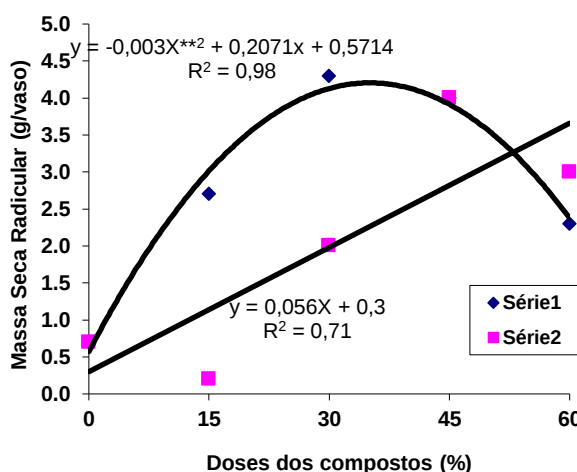
(A)



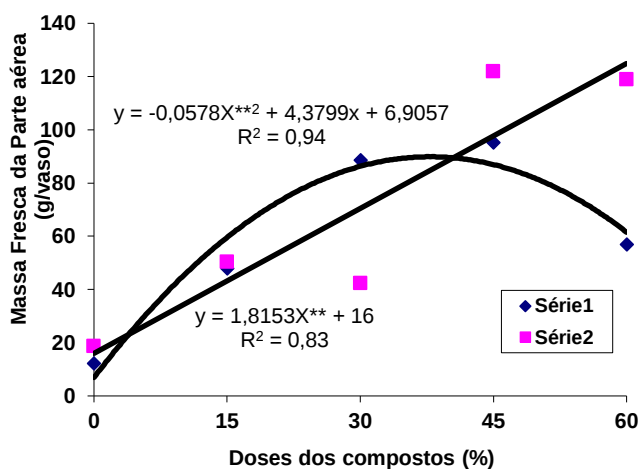
(B)



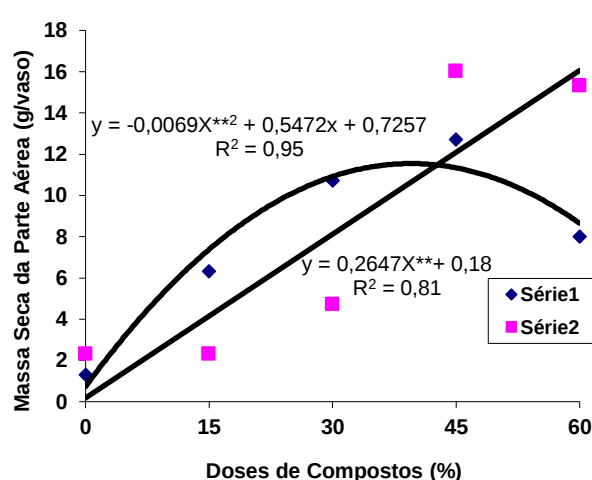
(C)



(D)



(E)



(F)

Figura 7. Comportamento das mudas de *Sorghum bicolor*, considerando o efeito do tratamento (omissão de gesso), junto com substratos e respectivas doses.

Já o composto 1, apresenta comportamento similar entre todas as variáveis, com resultados máximos entre as doses de 30 e 45%, com exceção do número de folhas, apresentando máximo valor. Campos et al. (2008) observaram que, os substratos contendo caulim produziram mudas de graviroleira (*Annona muricata* L.) com maior altura, diâmetro do coleto e número de folhas. Segundo Feitosa (2007), os resultados revelaram que, o rejeito de caulim misturado a outros substratos, na proporção de até 50%, não interferiu na emergência de plântulas de Cuité (*Crescentia cujete*), a qual chegou a atingir um percentual de 92% de emergência. Estes resultados são promissores, haja vista que, geram uma possibilidade concreta do uso deste subproduto industrial, minimizando desta forma, os impactos decorrentes do acúmulo do mesmo no meio biofísico. De maneira geral, pode-se considerar o composto 2, como mais eficiente onde não existiu aplicação de gesso, sendo sugestivo para solos salino-sódico, e para o cultivo de sorgo.

Estudos têm demonstrado que a utilização do coproduto de caulim é uma ótima alternativa para obter mudas de qualidade em diferentes culturas agrícola, como também em espécies arbóreas (CAMPOS et al., 2008; RODRIGUES et al., 2014; LEITE et al., 2016). Exemplo disso, é o trabalho de Campos et al. (2008) que observaram uma alta produção de mudas de *Annona muricata* L com maior altura, diâmetro do colo e número de folhas em substratos contendo caulim.

Segundo Pereira et al. (2008), o uso do rejeito de caulim também pode ser utilizado como componente do substrato para mudas de *Carica papaya*, recomendando-se o substrato constituído por 22% de rejeito de caulim, 29% de terra, 39% de esterco e 10% de areia.

Estes resultados são promissores, haja vista que, geram uma possibilidade concreta do uso deste subproduto industrial, minimizando desta forma os impactos decorrentes do acúmulo do mesmo no meio biofísico. Assim, de maneira geral, pode-se considerar o composto 2, como sendo o mais eficiente, sendo sugestivo para aplicação em solos salino, e para o cultivo de *Sorghum bicolor*.

Conclusão

De forma geral, o gesso agrícola promoveu redução dos teores de sódio trocável e solúvel do solo, de forma que se recomenda lavagens sucessivas, atrelado a aplicação dos

compostos de caulim por favorecer o desenvolvimento do *Sorghum bicolor*.

A aplicação de doses crescentes de compostos com coprodutos de mineradoras constituiu-se numa alternativa eficiente para minimizar os efeitos danosos causados aos solos pela salinidade e ao meio ambiente, além disso, possibilitará que as áreas abandonadas voltem a serem produtivas.

Referências

- ALBUQUERQUE, A. S.; SANTOS, R. V.; FONSÊCA, N. C. Atributos químicos de um solo salino sob efeito de composto organomineral, Revista Ambientale, v.1, n.10, p.1-8, 2018a.
- ALBUQUERQUE, A. S.; SANTOS, R. V.; FONSÊCA, N. C. Aplicação de corretivos alternativos em solo salinizado com cultivo de *Sorghum bicolor* L. Revista Verde, v.13, n.4, p.452-458, 2018b.
- AQUINO, A. J. S.; LACERDA, C. F.; BEZERRA, M. A.; FILHO, E. G.; COSTA, R. N. T. Crescimento, partição de matéria seca e retenção de Na⁺, K⁺ e Cl⁻ em dois genótipos de sorgo irrigados com águas salinas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, n.5, p.961-871, 2007.
- BARROS, M. de F. C.; FONTES, M. P. F.; ALVAREZ, V. H.; RUIZ, H. A. Recuperação de solos afetados por sais pela aplicação de gesso de jazida e calcário no Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.8, n.1, p.59-64, 2004.
- BARROS, M. F. C. Influência da aplicação de gesso para correção de um solo salino-sódico cultivado com feijão caupi. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v.9, n.1, p.77-82, 2009.
- BONFIM-SILVA, E. M.; KROTH, B. L.; SILVA, T. J. A.; FREITAS, D. C. Disponibilidade hídricas no desenvolvimento inicial de sorgo e pH do solo. Enciclopédia Biosfera, v.8, n.14, p.397-407, 2012.
- BUSO, W. H. D.; MORGADO, H. S.; SILVA, L. B. L.; FRANÇA, A. F. S. Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal. PUBVET, v.5, n.23, 2011.
- CAMARGO, A. O.; MONIZ, A.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. Métodos de análise química, mineralógica e física do solo do Instituto Agrônomo de Campinas. Boletim Técnico 106. Campinas, 1986. 94p.
- CARNEIRO, P. T.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L. Germinação e crescimento inicial de genótipos de cajueiro anão-precoce em condições de salinidade. Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental, v.6, n.2, p.199-206, 2002.
- CAMPOS, M. C. C.; MARQUES, F. J.; LIMA, A. G.; MENDONÇA, R. M. N. Crescimento de porta-

enxerto de graviroleira (*Annona muricata* L.) em substratos contendo doses crescentes de caulim. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v.8, n.1, p.61-66, 2008.

CAVALCANTE, L. F.; LIMA, R. L. S.; SANTIAGO, R. D.; CAVALCANTE, Í. H. L.; ARAÚJO, F. A. R. Melhoria química e física de um solo salino-sódico tratado com matéria orgânica e cultivado com leguminosas forrageiras. Ciência Agrícola, v.6, n.1, p.27-35, 2002.

CHAUHAN, R. P. S.; CHAUHAN, C. P. S. A modification to Shoonover's method of gypsum requirement determination of soil. Australian Journal of Soil Research, v.17, p.367-370, 1979.

DUARTE, J. M. L.; LIMA, A. D.; NASCIMENTO, R. S.; VIANA, T. V. A.; SARAIVA, K. R.; AZEVEDO, B. M. Eficiência do uso da água na produção de óleo do girassol (*Helianthus annuus* L.), sob suspensão hídrica. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v.6, n.3, p.166-175, 2012.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. 2 Ed. Atual. Rio de Janeiro - RJ. (Documentos/ Embrapa Solos). 2011. 225p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FEITOSA, R. C.; GONÇALVES, G. S.; ANDRADE, L. A.; BEZERRA, F. T. C.; OLIVEIRA, L. S. B.; VIEIRA, R. M.; FERREIRA, L. E. Utilização do rejeito de caulim na composição de substratos para emergência de plântulas de cuité (*crecentia cujete* l.). In: Congresso de Ecologia do Brasil, 8, 2007, Caxambu. Anais... Caxambu, 2007.

GOMES, E. M.; GHEYI, H. R.; SILVA, E. F. de F. Melhorias nas propriedades químicas de um solo salino-sódico e rendimento de arroz, sob diferentes tratamentos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n.3, p.355-361, 2000.

KRISHNAMURTHY, L.; SERRAJ, R.; TOM HASH, C.; DAKHEEL, A. J.; REDDY, B. V. S. Screening sorghum genotypes for salinity tolerant biomass production. Euphytica, Wageningen, v.156, p.15-24, 2007.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>. Acesso em: 18 março de 2018.

LEÃO, A. B.; CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. B.; GUERRA, H. O. C.; ANDRADE, A. R. S. Variabilidade espacial da salinidade dos solos do perímetro irrigado Engenheiro Arcoverde de Condado, Paraíba. Engenharia Ambiental, v.6, p.404-421, 2009.

LEITE, E. M. Crescimento inicial de espécies arbóreas em solo salino-sódico tratado com corretivos. 39f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal). Centro de Saúde e Tecnologia Rural. Universidade Federal da Paraíba. Patos, 2002.

LEITE; E. M.; SANTOS; R. V.; SOUTO; J. S.; ARAÚJO, J. L. Efeito de corretivos no crescimento de gramíneas e leguminosas cultivadas em solo salino-sódico. In: Encontro de Iniciação Científica, 9, 2001, João Pessoa. Anais... João Pessoa: UFPB, 2001.

LEITE, M. J. H.; GOMES, A. D. V.; SANTOS, R. V.; ARAÚJO, J. L. Crescimento do maracujazeiro amarelo em função de gesso e compostos com rejeitos de mineralização aplicados em solo salinizado. Nativa, v.4, p.353-359, 2016.

LEITE, M. J. de H.; SANTOS, R. V.; GOMES, A. D. V.; VITAL, A. F. M. Aplicação de Corretivos e Crescimento de Oleaginosas em Solos salinizados do Semiárido. Revista Verde, v.7, n.1, p.87-95, 2012.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanism of salinity tolerance. Annual Review Plant Biology, v.59, p.651-681, 2008.

OLIVEIRA, A. B.; GOMES FILHO, E. Cultivo hidropônico de sorgo sob estresse salino com sementes envelhecidas artificialmente e osmocondicionada. Ciência Rural, v.41, n.1, p.10-16, 2011.

PEREIRA, W. E.; SOUSA, G. G. de; ALENCAR, M. L. de; MENDONÇA, R. M. N.; SILVA, G. L. Crescimento de mudas de mamoeiro em substratos contendo caulim. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.3, n.1, p.27-35, 2008.

RODRIGUES, R. D.; FREIRE, A. L. O.; NASCIMENTO NETO, J. H. Uso de rejeitos de mineração e materiais orgânicos na composição de substrato para produção de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.). Engenharia Ambiental, v.11, p.16-27, 2014.

RODRIGUES, R. M. Comportamento vegetativo do Nim em solo salino-sódico tratado com insumos orgânicos. 85f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2011.

RUIZ, H. A.; SAMPAIO, R. A.; OLIVEIRA, M. de; ALVAREZ, V. V. H. Características químicas de solos salino-sódicos submetidos a parcelamento da lâmina de lixiviação. Pesq. Agropec. Bras., v.39, n.11, p.1119-1126, 2004.

SANTOS, P. D.; RODRIGUES, R. M.; CAVALCANTE, L. F.; GOMES, E. M.; GHEYI, H. R. Melhoria química do solo salino sódico tratado

com gesso agrícola, insumos orgânicos e lavagem. In: International Meeting & Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação, 4, 2012, Fortaleza. Anais... Fortaleza, 2012.

SERTÃO, M. A. J. Uso de corretivos e cultivo do capim urocloa (*Urochloa mosambicensis* (Hack.) Daudy) em solos degradados do semiárido. 74f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Sistemas Agrossilvopastoris. Universidade Federal de Campina Grande. Patos, 2005.

TABOSA, J. N.; COLAÇO, W.; REIS, O. V.; SIMPLÍCIO, J. B.; CARVALHO, H. W. L.; DIAS, F. M. *Sorghum* genotypes evaluation under salinity

levels and gamma ray. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.6, n.3, p.339-350, 2012.

TRAJANO, E. V. A. Rejeitos de mineradoras como substrato na produção de mudas de pinhão manso (*Jatropha Curcas* L.). 26f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Campina Grande. Patos, 2010.

WANDERLEY, J. A. C.; FILHO, J. B. A.; SOUSA, J. S.; ALVES, L. S.; MARACAJÁ, P. B. Efeito de doses de rejeito de caulim em solo sódico no desenvolvimento inicial da mamoneira (*Ricinus Communis*). Revista Verde, v.5, n.1, p.26-38, 2010.

Capítulo 14

ESTIMATIVA POPULACIONAL DE CÃES E GATOS E O IMPACTO ECOLÓGICO NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (APA) DE ALGODOAL-MAIANDEUA-PA

Erica Flávia Silva Azevedo¹
Reinaldo Matangrano Neto²
Ellen Thaís Silva Azevedo³
Maridelzira Betânia Moraes David⁴
Caio Vitor Cavalcante de Carvalho⁵

^{1,4,5}Médica Veterinária, UFRA/Campus Belém,

ericaflaviaazevedo@hotmail.com; betania.ufra@gmail.com; C.aioVitor@hotmail.com

²Acadêmico de Medicina Veterinária, UFRA/Campus Belém, reinaldo.ufra@hotmail.com

³Turismóloga, CETAM, ellenazevedo60@gmail.com

Introdução

A globalização vem causando uma redução dos habitats naturais, de modo a considerar uma das ameaças à biodiversidade, uma vez que, a expansão e desenvolvimento descontrolado fomentam a diminuição da diversidade biológica, fragmentando os ecossistemas. Embora o ambiente seja vital e elementar para o desenvolvimento das potencialidades humanas, sendo imprescindível à sobrevivência do ser humano como espécie natural (RANGEL, 2014).

A vulnerabilidade da diversidade biológica cresce exponencialmente, a partir do momento que, sem ferramentas adequadas para fornecer harmonia e equilíbrio, a biodiversidade estabelece um fator preponderante na ordem econômica e social (CAMPOS, 2017).

Os ecossistemas se tornam insustentáveis, a partir do momento que, há uma demanda lasciva pela busca de matérias primas provenientes dos recursos naturais ofertados, resultando em desequilíbrio, resultado da ameaça da ordem econômica a biodiversidade (RODRIGUES JÚNIOR, 2010),

Em 1872, foi instituída a primeira unidade de conservação dos tempos modernos, o Parque Nacional de Yellowstone, nos Estados Unidos, que foi embasado nesse conceito de áreas reclusas, com fins de manutenção de áreas naturais, de grande valor estético, no qual o homem era conduzido à meditação. Na realidade atual, essas áreas superam a questão de beleza cênica a ser protegida, mais do que isso, a preservação da fauna, flora e ecossistemas de uma área natural (CUNHA, 2008).

No Brasil, o Governo Federal junto as unidades da federação constituíram as UCs

como áreas que necessitavam de proteção por abranger ecossistemas expressivos do território. Estas foram estabelecidas com auxílio, em âmbito administrativo, dos respectivos governos em instâncias estaduais e municipais. Tal patrimônio natural é valioso, tanto do ponto de vista ecológico quanto socioeconômico, estando sob crescente risco de deterioração, proporcionalmente à pressão da ocupação antrópica desordenada (OLIVEIRA & NICOLODI, 2012).

As UCs possuem três subclassificações de acordo com o uso dos recursos naturais, haja vista que, existe diversas finalidades de conservação, como uso direto, uso indireto e reserva de destinação. As áreas de uso diretos objetivam a garantia de estoques dos recursos e viabilizam uma exploração sustentável, mesmo após uso conduzido dos recursos naturais renováveis, por meio de atividades econômicas manejadas (ICMBIO, 2015).

Dentre as categorias de UC, destaca-se a Área de Proteção Ambiental - APA, cuja proteção desses territórios baseia-se no uso sustentável dos recursos naturais, por uma gestão participativa orientado pelo zoneamento ambiental, além das imposições de restrições quanto a obrigações e aplicações de lei de preservação (JACINTHO, 2003).

A APA de Algodoal-Maiandeuá criada em 1990, localizada no município de Maracanã, consiste em uma unidade de conservação de uso sustentável, situada no litoral nordeste do Estado do Pará, na microrregião do Salgado. Os ecossistemas da microrregião do Salgado, fazem da ilha de Algodoal uma área de biodiversidade rica, com formações conservadas de praias, mangues, lagos de água doce, dunas, igarapés. A mesma área combina o uso sustentável de parcelas de recursos naturais disponíveis com a

conservação da natureza, logo está classificada na categoria de Unidade de Conservação de Uso Sustentável (VILHENA, 2013).

Dentre as ameaças e riscos que afetam essas áreas de preservação, destacam-se fatores que alteram a configuração de uso e ocupação desse espaço, como o uso turístico, especulação imobiliária, indícios de industrialização e o processo de urbanização. Além destes, o contato do animal doméstico com o nativo impulsiona o crescente desenvolvimento no potencial de competição, predação e transmissão de doenças. Esses impactos mostram uma vertente preocupante que afeta ecossistemas cada vez mais ameaçados e/ou fragilizados, e que podem alterar e perder na sua totalidade a fauna e flora endêmica (ANDRADE, 2012).

Se torna problema mundial, uma superpopulação de cães e gatos que ocasiona sérios transtornos para os habitantes das regiões, principalmente quando não há uma maneira efetiva em solucionar. Entre os agravos resultante pela falta de manejo adequado desses animais, estão as doenças que podem ser transmitidas entre os próprios animais e entre animais e o homem, as zoonoses (CELLA et al., 2017).

É fundamental compreender a relação do ser humano com cães e gatos, assim como a demografia e a dinâmica dessas populações. Fator de suma importância para a proposição de ações de saúde para o equilíbrio populacional e a promoção da saúde da família e da comunidade, bem como de cães e gatos. Controlar as populações canina e felina não é apenas equilibrar a demanda de animais com os números de tutores responsáveis por eles, mas neutralizar os fatores que colaboram para o abandono (GARCIA, 2009).

O abandono desses animais nas ruas tem se tornado mais comum, tornando um fator preocupante, uma vez que as medidas tomadas para conter tal crescimento ainda são ineficazes, resultando em um crescimento populacional exponencialmente maior que as taxas de controle (LIMA & LUNA, 2012).

Portanto, a preocupação com a manutenção de áreas protegidas surgiu a partir do desenvolvimento atual da taxa populacional de animais domésticos, que gradativamente tem pressionado as Unidades de Conservação. Este trabalho tem por objetivo realizar o censo populacional de cães e gatos da ilha de Algodoal, através de questionário, e obter informações quanto ao conhecimento sobre a importância desses animais em na Área de Proteção

Ambiental-APA e nas medidas de sanidade e reprodutivas, e consequências do manejo inadequado.

Material e Métodos

Conforme Plano de Manejo da APA Algodoal-Maiandeuá (PARÁ, 2012), a referida APA está situada entre as coordenadas geográficas extremas - Ponto Norte: 47°35'18,651"W e 0°34'32,535"S; Ponto Sul: 47°32'25,590"W e 0°38'14,998"S; Ponto Leste: 47°31'51,954"W e 0°36'56,626"S; e Ponto Oeste: 47°35'28,826"W e 0°35'36,299"S, no litoral nordeste do Estado do Pará, na microrregião do Salgado (Figura 1). Na ilha de Maiandeuá, referente a 2.494,82 ha, está localizado as vilas de Fortalezinha, Mocooça, Camboinha, cercado de mangue, praias, e áreas de terra firme com vegetação.

Conforme a Lei nº 9985, de 18/07/2000, a Unidade de Conservação é um espaço legalmente instituído pelo poder público com limites definidos com a finalidade de conservação, podendo ser divididas em dois tipos, proteção integral e uso sustentável. Ambos constituídos de área territorial e recursos ambientais, com características naturais relevantes, contendo as águas jurisdicionais, que por fim, devem possuir garantias adequadas de proteção.

A pesquisa de campo iniciou com a elaboração e aplicação de questionários simples, contendo 10 perguntas fechadas, de alternativas, sim e não. Os questionamentos foram relativos a quantidade de animais, aspectos reprodutivos, destinos dos animais após nascimento, entre outros, a fim de quantificar e averiguar a distribuição geográfica dos mesmos na área de estudo, assim como, obter dados do conhecimento da população nativa sobre a influência do manejo de cães e gatos ao aspecto de saúde pública. Esta pesquisa foi aplicada aos residentes da ilha no período de 29 a 31 de dezembro de 2016.

Na primeira etapa, realizou-se o mapeamento das casas por bairros, com o auxílio do Plano de Manejo da APA com enfoque na vila de Algodoal, disponibilizado pelo órgão gestor da UC, o Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará - IDEFLOR-BIO. Nessa perspectiva, o estudo desenvolvido foi elaborado por meio das informações repassadas por essa instituição, que colaborou para uma melhor observação da realidade local (proporção de cães e gatos/habitantes), resultando na criação de um

mapa setorizado, utilizado durante o período de visitas e aplicação do questionário a cada residente da ilha. Além disso, o IDEFLOR-BIO

publicitou a ação a ser desenvolvida à comunidade, com intuito de facilitar e favorecer o contato entre a equipe e a comunidade.

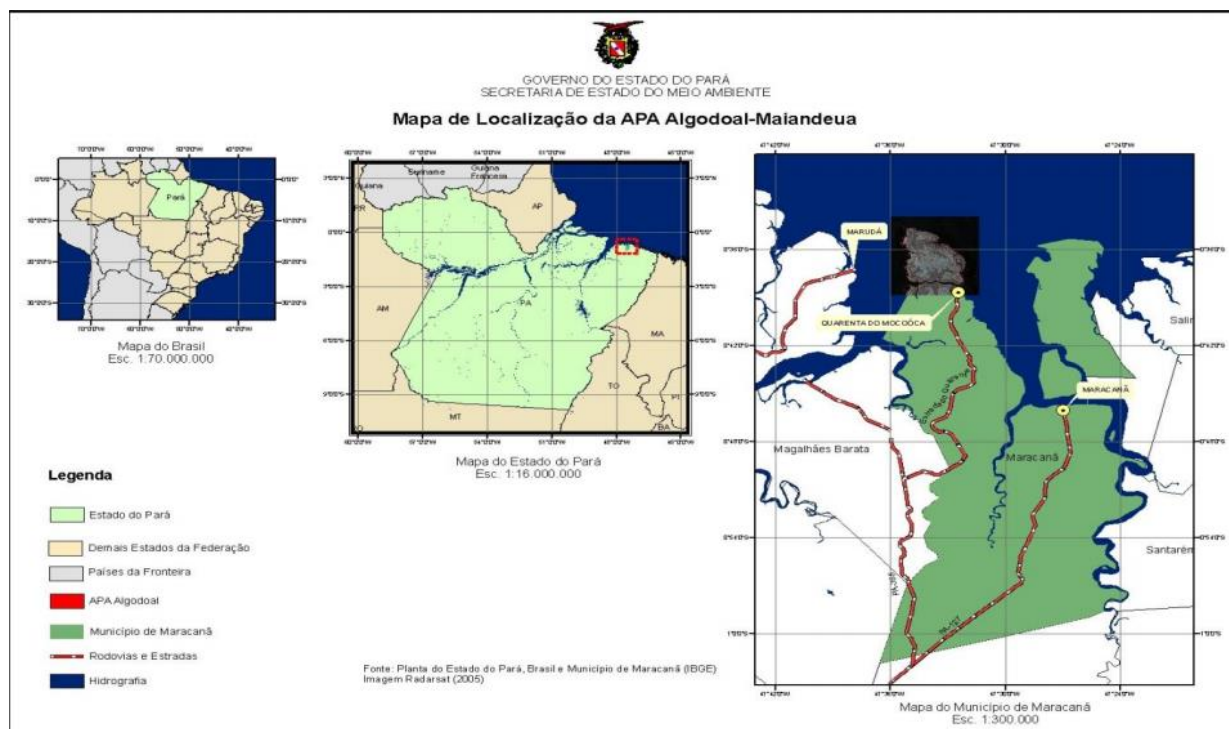


Figura 1. Localização da APA de Algodual-Maiandeuá. Fonte: SEMA (2007).

De acordo com o plano de manejo disponibilizado, a equipe delineou, por meio de um mapa em cores (Figura 1), as fronteiras das áreas/bairros como foco das visitas, na vila de Algodual a ser empregado os questionários nos bairros de Camambá, Centro e Baixada

Fluminense. No primeiro dia, o questionário foi direcionado aos moradores da Baixada Fluminense e o Camambá, concluindo a visita com 37 moradores. No período seguinte foi direcionado ao Centro, no qual foram cobertos 79 moradores.



Figura 1. Mapa setorizado por bairros, da vila de Algodoal, Ilha de Algodoal-PA.
Fonte: IDEFLOR-BIO (2018).

Resultados e Discussão

No período da pesquisa de campo, algumas residências encontravam-se fechadas, no entanto, o resultado abrange um total de 115 casas visitadas (Tabela 1), totalizando 300 animais domiciliados.

Constata-se que, no bairro denominado Baixada Fluminense, em 9 casas apresenta 27 animais, e no Camambá nas 26 residências visitadas, constata-se 65 animais, e no Centro, em 79 casas, 208 animais, como observa-se na Tabela 1.

Tabela 1. Quantidade das residências visitadas por bairros e de cães e gatos domiciliados

Bairros	Residências visitadas	Animais/bairro
Camambá	26	65
Baixada fluminense	9	27
Centro	79	208
Total	115	300

Quanto a receptividade dos tutores, nota-se que, a maioria (85,56%) apresenta interesse na possibilidade de ação de sanidade e controle populacional nos seus cães e gatos, e consequentemente contribuem para a etapa de aplicação do questionário. Entretanto, uma menor porcentagem (14,44%) responde negativamente a pesquisa, se recusando a

atender os questionários e até mesmo a qualquer intervenção ao seu animal.

Quanto ao questionário, 100% das pessoas entrevistadas alegam possuir animais em casa (77,88% cães e 21,12% de gatos). Sobre o tipo de manejo, observa-se que 60,6% dos animais são criados semi-domiciliados, enquanto que 39,4% são domiciliados (Figura 2).

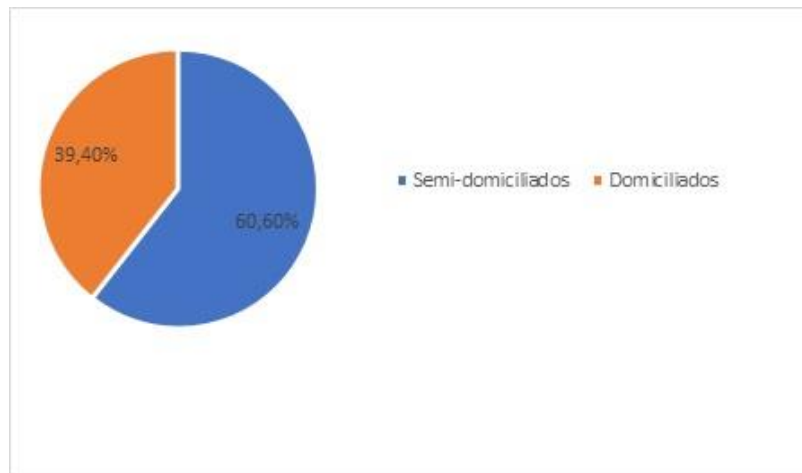


Figura 2. Tipos de manejo de cães e gatos criados na área de estudo.

Do total de fêmeas registradas, observa-se que 51,72% obtiveram crias, e 48,28% não obtiveram crias (Figura 3).

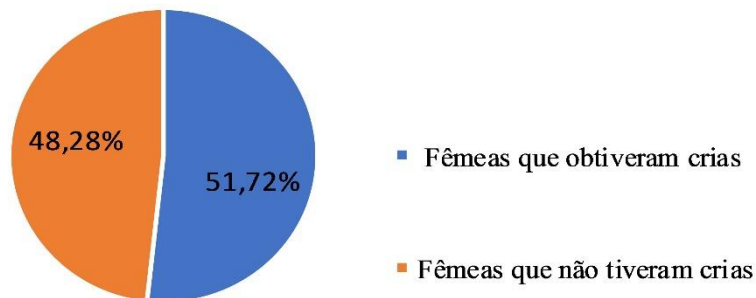


Figura 3. Fêmeas caninas e felinas que gestaram ou não.

Além disso, observa-se que 64,1% das fêmeas caninas e felinas já fizeram uso de algum método contraceptivo injetável, porém, em

35,90% não foi realizado esse procedimento (Figura 4).

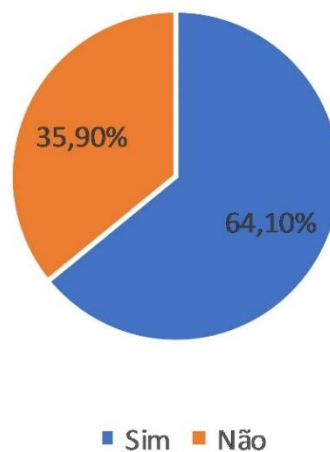


Figura 4. Fêmeas caninas e felinas criados que fizeram ou não uso de algum método contraceptivo injetável.

Das fêmeas que já tiveram gestação, 94% dos filhotes foram doados, 5% foram deixados no outro lado da ilha, e apenas 1% das ninhadas obtidas foram mantidas em casa.

Quando questionados sobre a destinação dos filhotes doados, 69% dos moradores

visitados, declararam que na ilha não é costume da população o transporte de filhotes para outras áreas, entretanto, 31% alegam que é comum filhotes serem distribuídos por outros locais (Figura 5), principalmente Camboinha, vila relativamente próxima a vila de Algodoal.

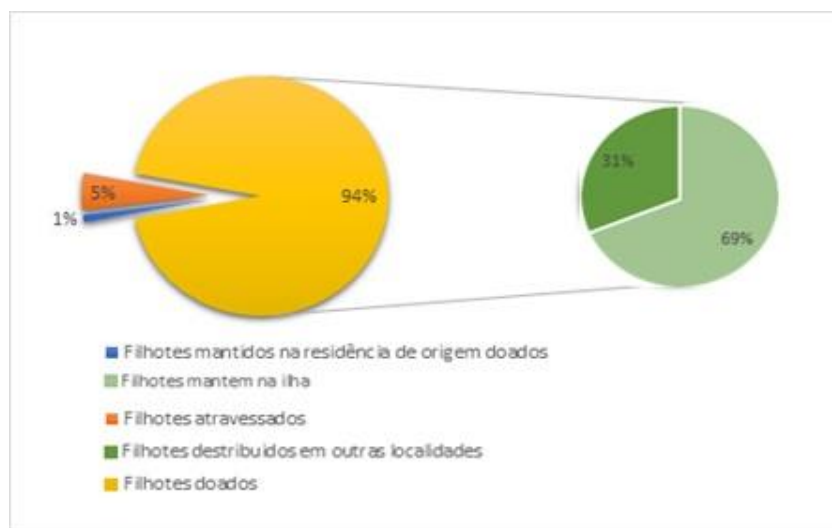


Figura 5. Destinação dos filhotes criados na Ilha de Algodoal/PA.

De acordo com Schoendorfer (2001), a característica metodológica privilegia técnicas qualitativas e quantitativas a fim de obter melhor percepção dos problemas e prováveis respostas, permeando dessa forma os recursos realizados para a coleta de dados, facilitando assim, o registro dos mesmos que permitam descobrir novos fatos, buscando suas causas, relações e possíveis diagnósticos, reforçando a reflexão do residente da ilha de Algodoal acerca das alterações no equilíbrio ecossistêmico da Área de Proteção Ambiental - APA, e de sua própria saúde, devido manejo insensato e desordenado de cães e gatos, além do descuido quanto a nascimento de novas ninhadas não planejadas, que resultam em abandono e na superlotação de cães e gatos.

Uma das principais formas de reverter a redução das populações da fauna ou a extinção dessas, é por meio da conservação das comunidades biológicas intactas (*in situ*), a exemplo da criação das Unidades de Conservação - UC, implementação de medidas de conservação no entorno das áreas protegidas e restauração das comunidades biológicas em habitats degradados (PRIMACK & RODRIGUES, 2001). Contudo, entre as várias ameaças que recaem sobre os remanescentes florestais, o contato dos animais domésticos com os animais nativos cresceu com um consequente aumento no potencial de transmissão de doenças,

predação e competição (VILELA & LAMIMGUEDES, 2014).

A princípio, observa-se por este trabalho que, o plano de manejo da APA de Algodoal-Maiandeuá não apresenta o controle de dados quanto ao número populacional de animais domésticos, principalmente de cães e gatos, bem como não há definido a relação em proporção da coexistência de animais por habitante, dificultando o diagnóstico de possíveis problemáticas. Tal como foi relatado por Aquino (2001), que destacou as dificuldades básicas enfrentadas pela política de conservação do país, como deficiência de informação, quantificação e conhecimento das diferentes áreas do conhecimento e localidades para construção de um bom banco de dados centralizado, que permita a integração de informações.

Segundo Campos (2004), a entrada de cães em Unidade de Conservação, na maioria, é resultado do descaso da população do entorno das UC, devido à soltura indevida, muitas vezes de forma proposital, mesmo que a intenção não seja causar danos ao ambiente, porém, a de desligar de animais que se tornaram indesejados, por uma variedade de causas, desde a insuficiência de recursos necessários para manutenção, até impossibilidade imediata de lucro.

Observa-se por meio do questionário aplicado que, quando há uma ninhada

indesejada, os moradores da ilha procuram doar os filhotes. No entanto, na maioria dos casos, quando não há sucesso com doação, a solução é o abandono dos mesmos em outras regiões da ilha. Assim como foi evidenciado, que muitos animais foram introduzidos por turistas ou moradores de Marudá, localidade continental a frente de Algodoal, distrito de Marapanim, município vizinho e demograficamente mais próximo, que adentraram na ilha acompanhados de seu animal e retornaram sem o mesmo.

Segundo Coelho et al. (2001), na maioria dos casos de descuido, e até o abandono de cães e gatos, necessita-se de atenção especial dos órgãos governamentais responsáveis, haja vista que, apenas uma parcela desses animais possui tutor ou está devidamente vacinada. Galetti e Sazima (2006) constaram que, os cães e gatos, em um fragmento urbano da Floresta Atlântica no Sudeste, apresentaram alta possibilidade de predação descontrolada, podendo extinguir espécies da escassa fauna remanescente, pois além de transmitir doenças, já que não são vacinados, se tornaram predadores. Por este trabalho observa-se que na ilha de Algodoal não é diferente, cães e gatos errantes não possuem controle vacinal, já que campanhas anuais de vacinação, alcançam somente Marudá, facilitando o controle, somente de uma parte dos cães e gatos que possui guarda.

Pelos resultados deste trabalho observa-se que, a população canina é maior que a felina, uma vez que, o fator reprodutivo das espécies influencia nessa estatística. De acordo com Genaro (2010), os felinos se reproduzem mais rapidamente que os cães, quando se encontram em estado errante. Campos (2004) cita que, o número populacional de cães, em determinado espaço, supera ao de gatos, em decorrência dos caninos apresentarem uma estimativa de vida maior que a dos gatos. Em síntese, os motivos para o crescimento demográfico de cães e gatos advêm da capacidade reprodutiva dos mesmos, carência de conscientização sobre a guarda responsável pela maioria da população, e deficiência de legislações eficazes quanto a criação desses animais (LIMA & LUNA, 2012).

Com relação as áreas que abrangem a maior quantidade de animais presentes, destacam-se os centros comerciais e o bairro mais populoso, devido a disponibilidade de alimento gerado pelos proprietários de estabelecimentos comerciais e residentes, serem superior do que os demais bairros afastados do centro. Esse fato também foi

constatado por Chiarello (2000) no qual, devido a facilidade de acesso a alimentos, cães e gatos, constantemente foram encontrados no entorno de instalações como lanchonetes e restaurantes. Buttler et al. (2004) complementam também que, regiões de demasiado fluxo de pessoas, produzem grande fonte de alimentação para cães e gatos errantes, por meio do excesso de lixo produzido diariamente, contribuindo para o desenvolvimento da espécie, e ainda gera focos de disseminação de doenças.

Nesse estudo, as reclamações provenientes dos residentes e donos de estabelecimentos, foram os ataques de cães às pessoas, que geram o afastamento de visitantes e turistas e redução do consumo de serviços prestados, limitando a renda sazonal proveniente da atividade turística, que é uma dinâmica econômica da ilha. Segundo Serpell (1995), ainda que haja tal problemática, uma solução eficaz ainda não fora estabelecida, resultando em atitudes desde restrições às atividades dos cães até o banimento dos mesmos. Baseado nisso, uma antipatia ao cão surge e a atenção direcionada aos riscos de doenças desses animais ou os ataques às pessoas são desproporcionais ao real risco.

Na vila de Algodoal, notou-se que o estado em que esses animais se encontram, tanto os domiciliados, quanto os de rua, são de condições lamentáveis, com escore corporal baixo, alopecias em diversas regiões do corpo, com enfermidades, necessitando de forma emergencial da presença e conduta de um profissional médico veterinário. SLATER et al. (2008) relatam que a falta de compreensão das necessidades e do comportamento natural de cães e gatos, é um dos motivos do comprometimento do bem-estar dos mesmos, gerando negligências, maus tratos, e até abandono. Quanto aos animais não domiciliados, o bem-estar envolve questões sobre a inadequação alimentar, necessidade de água e abrigo.

Enquanto os cães da ilha em estudo, atacam pessoas, os gatos predam animais silvestres, raros ou ameaçados, já que são muitos e caçam com facilidades em diversos tipos de áreas. Segundo monitoramento ambiental realizado pelo IDEFLOR-BIO, observou-se que a população de taquerê (*Nycticorax*), uma ave nativa, diminuiu consideravelmente, devido predação de gatos domésticos e errantes em filhotes e ninhinhos dessas aves. Para que haja bons resultados na criação de animais domésticos, e manter os

animais nativos protegidos, é importante entender os efeitos adversos que os gatos, principalmente os errantes, possam ter em relação a fauna silvestre. Vilela & Lamim-guedes (2014) alegam que cães e gatos em UC, causam impactos, não somente da predação de animais silvestres, mas sim de saúde pública, devido aos riscos de transmissão de doenças como raiva, parvovirose e leishmaniose, resultado da falta de prevenção e controle de doenças, as condições desfavoráveis de vida dos animais, o crescente número populacional de cães e gatos.

Quanto a disseminação de doenças aos animais nativos, os responsáveis mais citados são cães e gatos errantes e semi-domiciliados. No entanto, existe o contato entre domiciliados e nativos, mesmo que não tão significativo quando comparado com animais livres, aumentando as vias de transmissões. Corroborando com Alves et al. (2005) em que relatam, no qual houve aumento de casos positivos no diagnóstico de raiva para a população felina, e ressaltam o fator liberdade que, essa espécie possui, juntamente a proximidade que esse animal desfruta com seus proprietários, tornando um desafio para a saúde pública o controle e manutenção. Para Schoendorfer (2001) a contaminação do ambiente se dá também pela eliminação dos dejetos, colocando em risco a saúde da população humana e a de outros animais.

Vilela e Lamim-Guedes (2017) utilizaram cães com finalidade de caça predatória de mamíferos no parque estadual Nova Baden – MG, e constataram que, cães além de serem via de transmissão de doenças infecciosas para os animais selvagens, são responsáveis pelos impactos nos serviços ecossistêmicos, como a dispersão de sementes desempenhados por pequenos mamíferos e aves, através da predação excessiva da fauna nativa, resultado da soltura descontrolada em florestas. O declínio da população de diversas espécies de animais, tais como tapitis, cutias, pacas, lagartos e aves, causando a redução populacional de presas para carnívoros silvestres, como jaguatirica, suçuarana entre outros, ratificando que a presença desses cães é grave para as relações ambientais já existentes.

A adaptação e desenvolvimento dos cães e gatos na APA foi decorrente de diversos motivos, dentre eles crescimento abundante as custas das espécies nativas. Em Algodoal há relato de um morador que recebeu um casal de turistas franceses e seu animal em seu estabelecimento comercial, no qual chegaram

na ilha com o animal e voltaram sem ele. O gato é da raça Chartreux, animal exótico que rapidamente se adaptou na vila, porém há um aumento real no risco de predação aos animais nativos.

Buttler e Du Toit (2002) notaram em sua pesquisa que, a quantidade de presas capturadas por gato diminuía de acordo com o aumento populacional de gatos. Sendo assim, havia uma redução na competição e consequentemente nas oportunidades de captura, acrescendo a predação. Consequências negativas podem ser geradas pela caça, mesmo quando a presa não é abatida ou capturada, porém morre posteriormente, devido ferimentos e traumas decorrentes da tentativa de fuga. Vilela e Lamim-Guedes (2017) citaram que, em uma UC no interior de Minas Gerais, uma paca (*Cuniculus paca*) sendo caçada por cães, conseguiu fugir e se abrigou em uma represa, e apesar de não ter sido morta imediatamente pela caça, seu corpo foi encontrado alguns dias depois.

Segundo Tucci (2003), a questão das áreas naturais protegidas levanta inúmeros problemas de caráter político, social e econômico. As UC são criadas por lei que nem sempre atendem as aspirações da comunidade local. Este processo pode gerar conflitos de interesses entre as partes envolvidas. No entanto, este fenômeno tende a ser atenuado com o passar do tempo e da reorganização da economia local. Por isso, e baseado nos resultados obtidos desse estudo, destaca-se a necessidade de ação de educação, monitoramento e fiscalização (e até punitiva) do instituto gestor em relação a população de seres humanos coexistentes na APA, afim de evitar alteração no equilíbrio ecossistêmico, através de ações antrópicas não sustentáveis, como observado na ilha de Algodoal.

Tal realidade na APA de Algodoal, pode aumentar os riscos de transmissão de doenças tanto para os animais nativos, quanto para os humanos, sendo esse dentre outros motivos, a proibição legal desses animais em UC. Além disso, competições e predações com os animais silvestres se tornam cada vez mais comum, comprometendo populações nativas existentes na ilha, resultando em um desequilíbrio ecossistêmico.

Todas as problemáticas apontadas neste estudo juntamente com a necessidade de conservação dos recursos naturais da APA devem gerar preocupação coletiva e nova postura imediata para a sociedade e dos

governantes locais, pois estão associados a manutenção dos recursos naturais, cênicos, socioculturais e econômicos, além da biodiversidade, à saúde pública e a preservação da vida.

Portanto, é necessário a aplicação de campanhas de vacinação e de controle populacional para os cães e gatos, bem como ações educativas sobre o abandono, bem-estar animal, a importância e influência de cães e gatos em uma UC, além da interação dos mesmo com os residentes e os animais nativos.

Conclusão

A quantidade constatada de cães e gatos errantes e domiciliados na APA de Algodoal-Maiandeuá foi muito maior que a proporção de animal por habitante, sendo 77,88% cães e 21,12% de gatos. Do total, notou-se a maioria, equivalente a 60,6% dos animais são criados semi-domiciliados, e 39,4% domiciliados, dificultando controle populacional e de sanidade desses animais. Do total de fêmeas registradas, constatou que 51,72% obtiveram crias, e 48,28% não obtiveram crias, favorecendo a prática do abandono e maus tratos desses animais. Além disso, 64,1% das fêmeas caninas e felinas já fizeram uso de algum método contraceptivo injetável. A princípio viabilizou um método barato de gerência de natalidade, porém a longo prazo, o uso indiscriminado desses, se torna inviável para a vida desse animal, gerando desequilíbrios hormonal e diversas doenças reprodutivas.

Devido ao manejo inadequado, descaso e abandono, os quais muitas vezes cães e gatos são trazidos de outros distritos e abandonados na ilha, a demanda aumenta, diminuindo a oferta, resultando em escassez alimentar, competição entre animais domésticos e nativos, endemias, predação e desequilíbrio ecológico. Dessa forma, notou-se carências de políticas públicas voltadas para os habitantes da ilha, afim de cientifica-los quanto ao cuidado adequado desses pets, bem como medidas de sanidade e reprodutivas eficientes e contínuas para esses animais, através de campanhas de desvermifugação, vacinação e castração.

Referências

ALVES, M. C. G. P.; MATOS, M. R.; REICHMANN, M. L.; DOMINGUEZ, M. H. Dimensionamento da população de cães e gatos do interior do Estado de São Paulo. Revista Saúde Pública, v.39, n.6, p.891-897, 2005.

ANDRADE, F. G. B. Efeitos da pressão antrópica e urbanizadora sobre as Áreas de Preservação Permanente das Lagoas Costeiras – o caso da lagoa dos Quadros, costa norte do Estado do Rio Grande do Sul/Brasil. 113f. (Especialização em Diversidade e Conservação de Fauna). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012.

AQUINO, A. U. A. O Papel das unidades de conservação na preservação da natureza. Monografia (Ciências Biológicas). UniCEUB. Brasília, 2001.

BUTTLER, J. R. A.; DU TOIT, J. T. Diet of free-ranging domestic dogs (*Canis familiaris*) in rural Zimbabwe: implications for wild scavengers on the periphery of wildlife reserves. Animal Conservation, v.5, p.29-37, 2002.

BUTTLER, J. R. A.; DU TOIT, J. T.; BINGHAM, J. Free ranging domestic dog (*Canis familiaris*) as predators and prey in rural Zimbabwe: threats of competition and disease to large wild carnivores. Biological Conservation, v.15, n.3, p.369-378, 2004.

CAMPOS, C. B. Impacto de cães (*Canis familiaris*) e gatos (*Felis catus*) errantes sobre a fauna silvestres em ambientes periurbano. 55f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agrossistemas). Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2004.

CAMPOS, D. S. Vulnerabilidade da biodiversidade e mudanças climáticas: desafios de um manejo sustentável de fontes de energias renováveis no Brasil. 155f. Dissertação (Mestrado em Direito). Dom Helder Câmara. Belo Horizonte, 2017.

CELLA, W.; QUEIROZ, R. C. V.; PIRES, C. M. Percepção e atitudes de alunos do ensino médio de uma unidade escolar estadual, sobre os problemas ocasionados pelo cão doméstico (*Canis familiaris*), no município de Tefé, Amazonas, Brasil. Arq. Ciênc. Vet. Zool., v.20, n.4, p.213-219, 2017.

CHIARELLO, A. G. Influência da caça ilegal sobre mamíferos e aves das matas de tabuleiro do norte do estado do Espírito Santo. Bol. Mus. Biol., v.11, n.12, p.229-243, 2000.

COELHO, L. M. P. S.; DINI, C. Y.; MILMAN, M. H. S. A.; OLIVEIRA, S. M. *Toxacara spp.* Eggs in public squares of Sorocaba, São Paulo State, Brazil. Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo, v.43, n.4, p.189-191, 2001.

CUNHA, J. R. Problemas e expectativas do morador do parque municipal da lagoa do Peri: subsídios a uma ação de educação ambiental como suporte à gestão participativa. 54f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia

- Sanitária e Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008.
- GALETTI, M.; SAZIMA, I. Impacto de cães ferais em um fragmento urbano de Floresta Atlântica no sudeste do Brasil. *Natureza & Conservação*, v.4, n.1, p.58-63, 2006.
- GARCIA, R. C. M. Estudo da dinâmica populacional canina e felina e avaliação de ações para o equilíbrio dessas populações em área da cidade de São Paulo, SP, Brasil. 265f. Tese (Doutorado em Epidemiologia Experimental Aplicada às Zoonoses). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.
- GENARO, G. Gato doméstico: futuro desafio para controle da raiva em áreas urbanas?. *Pesq. Vet. Bras.*, v.30, n.2, p.186-189, 2010.
- IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Construindo a sustentabilidade ambiental. 1989. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br>. Acesso em: 12 de Agosto de 2018.
- IBASE. Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas. Gestão participativa em Unidades de Conservação. 2006. Disponível em: www.ibase.br. Acesso em: 20 de maio de 2018.
- ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Unidades de conservação na Amazônia. 2015. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/>. Acesso em: 05 de Junho de 2018.
- ISA. Instituto socioambiental. Unidades de conservação no Brasil. 2015. Disponível em: <http://widgets.socioambiental.org/content/ucs-na-amaz%C3%B4nia-legal>. Acesso em: 12 de Junho de 2018.
- JACINTHO, L. R. C. Geoprocessamento e sensoriamento remoto como ferramentas na gestão ambiental de unidades de conservação: o caso da área de proteção ambiental (APA) do Capivari-Monos, São Paulo-SP. 121f. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.
- LIMA, A. F. M.; LUNA, S. P. L. Algumas causas e consequências da superpopulação canina e felina: acaso ou descaso?. *Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP*, v.10, n.1, p.32-38, 2012.
- OLIVEIRA, M. R. L.; NICOLodi, J. L. A Gestão Costeira no Brasil e os dez anos do Projeto Orla: Uma análise sob a ótica do poder público, v.12, n.1, p.89-98, 2012.
- PARÁ. Governo do Estado. Mapa das Unidades de Conservação. Belém: SEMA, 2010. Disponível em: <http://www.sema.pa.gov.br/interna.php?idconteudocoluna=4625>. Acesso em: 10 de Agosto de 2018.
- PARÁ. Lei Estadual nº. 5.621/90, de 27 de novembro de 1990. Assembleia Legislativa do Pará. Governo do Estado. Disponível em: <http://www.alepa.pa.gov.br/alepa/arquivos/bleis/leis077137.pdf>. Acesso em: 12 de Junho de 2018.
- PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. *Biologia da Conservação*. E. Rodrigues, v.12, n.23, p.171-192, 2001.
- RANGEL, T. L. V. A construção do Estado de Direito Socioambiental a partir da ótica Habermasiana. *Veredas do Direito*, v.11, n.21, p.135-161. 2014.
- RODRIGUES JÚNIOR, E. B. Tutela jurídica dos recursos da biodiversidade, dos conhecimentos tradicionais e do folclore: uma abordagem de desenvolvimento sustentável. *Elsevier*, v.1, n.18, p.324-362, 2010.
- SCHOENDORFER, L. M. P. Interação homem - animal de estimação na cidade de São Paulo: manejo inadequado e as consequências em saúde pública. 180f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.
- SERPELL, J. *The domestic dog: its evolution, behavior and interactions with people*. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 215p.
- SLATER, M. R.; DI NARDO, A.; PEDICONE, O.; VILLA, P. D.; CANDELORO, L.; ALESSANDRINI, B.; DEL PAPAS, S. Free-roaming dogs and cats in central Italy: Public perceptions of the problem. *Preventive Veterinary Medicine*, v.84, p.27-47, 2008.
- TUCCI, C. E. M. *Drenagem Urbana*. Ciência & Cultura, v.55, n.4, p.36-37, 2003.
- VILELA, A. L. O.; LAMIM-GUEDES, V. Cães domésticos em unidades de conservação: impactos e controle. *HOLOS Environment*, v.14, n.2, p.198-210, 2014.
- VILELA, A. L. O.; LAMIM-GUEDES, V. Aspectos da caça predatória de mamíferos no Parque Estadual Nova Baden, Lambari, Minas Gerais. *InterfacEHS*, v.2, n.1, p.9-13. 2017.
- VILHENA, K. S. Educação ambiental e gestão de Unidade de Conservação. 111f. Dissertação (Mestrado em Gestão dos Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia). Universidade Federal do Pará. Belém, 2018.

Capítulo 15

ESTUDO DOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO ESTADO DA PARAÍBA

Jasmyne Karla Vieira Souza Maciel¹
Patrícia Hermínio Cunha Feitosa²

¹Bacharela em Engenharia Civil, UFCG/CTRN/UAEC, Campus Campina Grande, jasmynejk@gmail.com

²Professora Associada, UFCG/CTRN/UAEC, Campus Campina Grande, phcfeitosa@outlook.com

Introdução

O crescimento urbano, a evolução de sistemas produtivos e o consequente desenvolvimento econômico, trazem como consequência imediata o aumento de consumo dos recursos naturais pela humanidade, provocando um avançado estágio de artificialização das relações entre sociedade e natureza (SILVA, 2010). Essa artificialização dá-se, principalmente, aos resíduos providentes das atividades humanas que geram poluição, que degradam a qualidade ambiental, prejudicando a saúde e o desenvolvimento socioeconômico.

Nesse cenário, o saneamento básico visa preservar ou modificar as condições do meio ambiente, com o objetivo de promover a saúde, melhorar a qualidade de vida da população e facilitar a atividade econômica, com o propósito de criar um ambiente equilibrado, salubre e disponível para todos (TRATA BRASIL, 2012). Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS, 2004), o saneamento tem por objetivo o controle dos elementos do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos danosos sobre o meio ambiente e o bem-estar físico, mental e social da população.

Por meio dessas definições, fica evidente que, o saneamento é um conjunto de medidas de controle ambiental que pretendem proteger o meio físico e o homem. O saneamento é ofertado por sistemas constituídos por uma infraestrutura física (obras e equipamentos) e estrutura educacional, legal e institucional, que segundo Guimarães et al. (2007), abrange os serviços de abastecimento de água às populações, com qualidade compatível com a proteção de sua saúde, e em quantidade suficiente para a garantia de condições básicas de conforto, coleta, tratamento e disposição ambientalmente adequada e sanitariamente segura de águas residuárias (esgotos sanitários, resíduos líquidos industriais e agrícola; acondicionamento, coleta, transporte e/ou destino final dos resíduos sólidos, incluindo os

rejeitos provenientes das atividades doméstica, comercial e de serviços, industrial e pública; coleta de águas pluviais e controle de empoçamentos e inundações; controle de vetores de doenças transmissíveis (insetos, roedores, moluscos, etc.).

Dentre os serviços que compõem o saneamento básico, o abastecimento de água e o esgotamento sanitário, são pontos relevantes e estão intimamente relacionados. De acordo com a CAGECE (2016) as prestações desses serviços estão atreladas à melhoria direta da qualidade de vidas das pessoas; pois eles permitem a promoção das condições mínimas de desenvolvimento social. Tsutiya (2004) argumenta que, o sistema de abastecimento tem o objetivo de levar água potável para uso na utilização doméstica, industrial, serviço público, entre outros. Quando chega ao seu destino e é servida, a água muda suas características e pós o uso torna-se imprópria, e não deve mais entrar em contato com o homem, devendo ser coletada e destinada a locais adequados para ser tratada e despejada em um corpo receptor.

Porém, a universalização desses serviços no Brasil ainda se apresenta como uma meta longínqua, onde parte da população não tem acesso ao abastecimento de água e esgotamento sanitário, e para outra parte a prestação desses serviços é inadequada, criando situações de insalubridade. Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2016), cerca de 83,3% da população é atendida por abastecimento de água, e 51,9% é atendida por esgotamento sanitário no Brasil.

Nesse contexto, este trabalho objetiva analisar as relações entre a prestação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Estado da Paraíba, e avaliar as desigualdades existentes e as incertezas que impedem a universalização do saneamento.

Material e Métodos

Caracterização da área de estudo

A área de estudo contempla o estado da Paraíba, que é uma das 27 unidades Federativas do Brasil. Localizada na região Nordeste, possui limites com o Estado do Rio Grande do Norte ao norte, ao leste com o Oceano Atlântico, ao sul com o Estado de Pernambuco, e à oeste com o Estado do Ceará. Sua área total é de 56.469,778 km². Conforme o IBGE (2016) está dividido em quatro mesorregiões, 23 microrregiões e 223

municípios, onde as quatro mesorregiões são a Mata Paraibana, a mais importante e populosa do estado, formada por 30 municípios, onde está localizada a capital; Agreste paraibano, a segunda mais populosa, formada por 66 municípios; Borborema a menos populosa e formada por 44 municípios; e Sertão a terceira mais populosa e formada por 83 municípios (Figura 1).

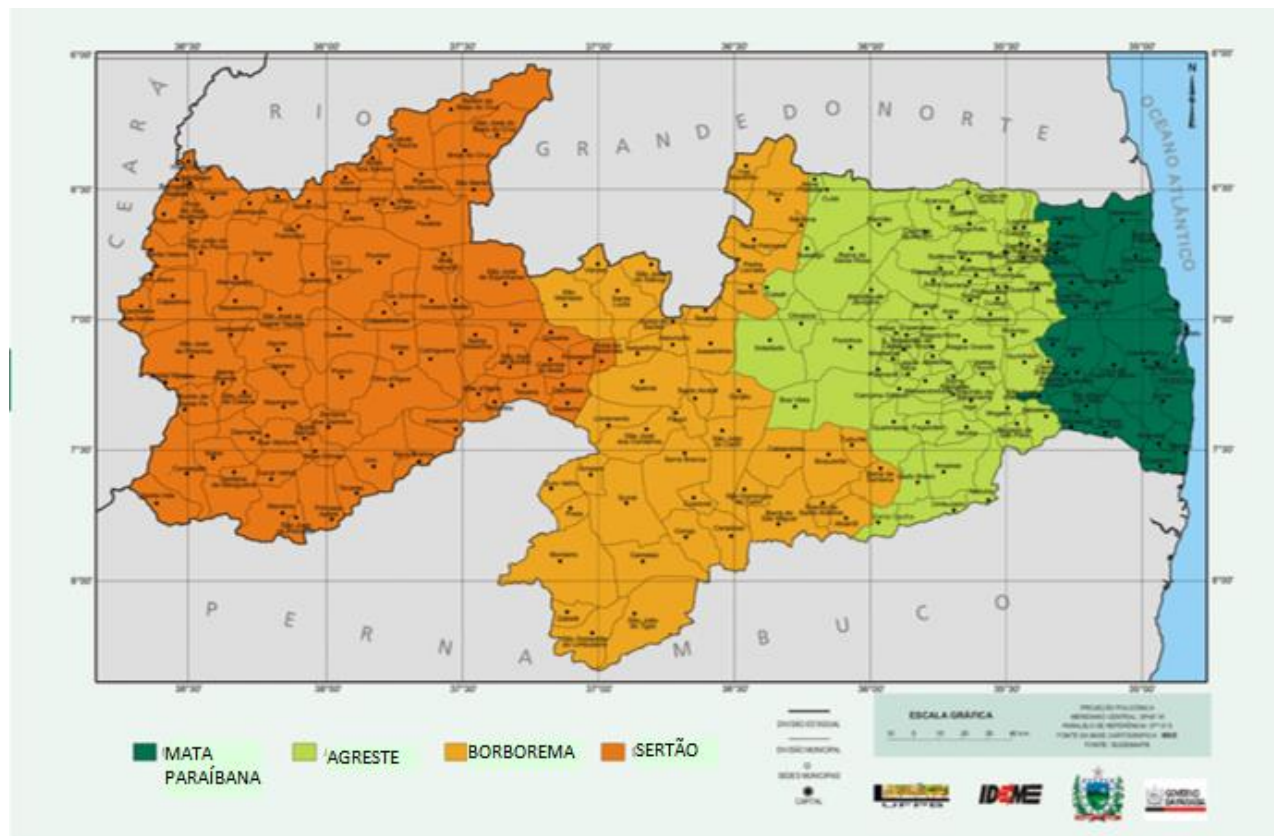


Figura 1. Mapa das mesorregiões da Paraíba. Fonte: IDEMA (2018).

A Paraíba tem uma população de 3.766.528 habitantes, com densidade demográfica de 66,70 hab/km², sendo o décimo terceiro estado mais populoso do Brasil. A capital João Pessoa, é o município mais populoso. Outros municípios com população superior a 100 mil habitantes são Campina Grande, Santa Rita e Patos (IBGE, 2010).

O cenário da prestação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento

No diagnóstico dos serviços de água e esgotos realizado pelo o SNIS em 2016, o estado da Paraíba apresenta 207 municípios atendidos com abastecimento de água e 87 com esgotamento sanitário. Uma população total atendida de 2.770.258 habitantes para abastecimento de água e 1.480.247 habitantes

para esgotamento sanitário, e uma população urbana atendida com água e esgoto de 2.625.506 e 1.386.080 habitantes, respectivamente.

Considerando que, a população residente total e urbana, segundo o IBGE (2016) é de respectivamente 3.846.982 e 2.935.630 habitantes, respectivamente, temos que, 72,01% da população total é atendida por abastecimento de água e 38,49% por esgotamento. Para a população urbana a porcentagem é de 89,1 e 47,2% para abastecimento de água e esgotamento, respectivamente. Esses índices para a região Nordeste e para o Brasil, segundo o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos, realizado pelo SNIS em 2016 estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Níveis de atendimento com água e esgotos dos municípios cujos prestadores de serviços são participantes do SNIS em 2016, segundo região geográfica e Brasil

Região	Pop. atendida (%)			
	Água		Esgoto	
	Total	Urbana	Total	Urbana
Norte	55,4	67,7	10,5	13,4
Nordeste	73,6	89,3	26,8	34,7
Sudeste	91,2	96,1	78,6	83,2
Sul	89,4	98,4	42,5	49,0
Centro-Oeste	89,7	97,7	51,5	56,7
Brasil	83,3	93,0	51,9	59,7

Coleta de dados para a descrição dos sistemas

Na metodologia utilizada foram descritos aspectos da prestação dos serviços dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário existentes nas cidades do Estado da Paraíba, por meio do levantamento de dados junto a órgãos públicos, sites governamentais (IBGE, SNIS, CONAMA, etc.) prestadoras dos serviços (CAGEPA),

prefeituras, defesa social, entre outras fontes de caráter legal. Após foram tabulados por meio de planilhas, elaborando-se um banco de dados e realizada um refinamento, onde os dados de interesse obtidos foram associados para cada município do estado e então organizados e interpretados de acordo com seu resultado, conforme o fluxograma (Figura 2).

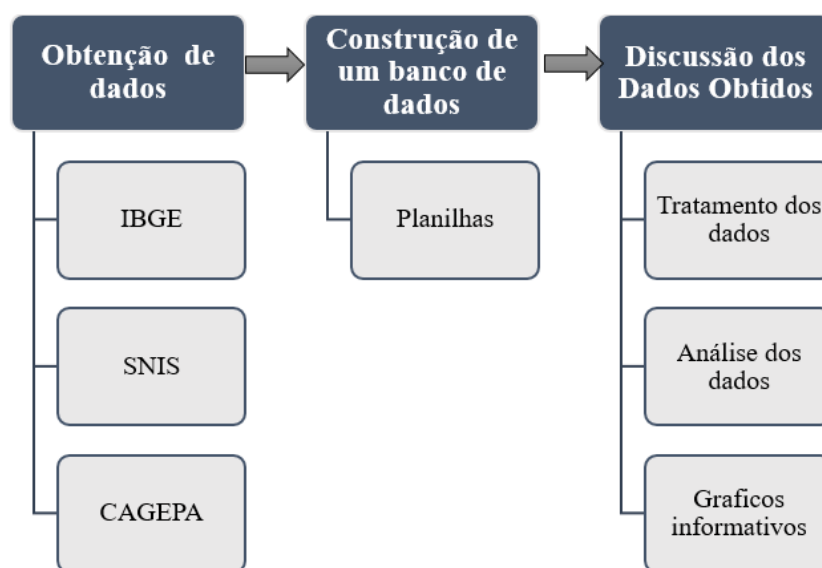


Figura 2. Fluxograma de trabalho.

Sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário

Para o abastecimento de água e o esgotamento sanitário, os bancos de dados formados contiveram tanto informações levantadas como tratadas. Essas informações foram organizadas em várias tabelas, cada qual destacando uma das informações trabalhadas em específico. Cada uma das tabelas foi subdividida por faixas populacionais, organizando assim todos os municípios em suas respectivas faixas. Os dados levantados

possuem como fonte o SNIS e ano de referência utilizado como base foi 2015, porém não foi possível obter, para determinados municípios, certos dados nesse ano em questão.

Pela metodologia utilizada, alguns dos municípios tiveram certos dados baseados em anos diferentes, e em outros casos, sequer foi possível obter certos dados em ano algum. As informações de certos municípios, que foram obtidas em anos diferentes do ano base, ou que não foram obtidas de maneira alguma, foram devidamente destacadas nas tabelas dos bancos

de dados. Para o abastecimento de água e o esgotamento sanitário os dados levantados e tratados, bem como a fórmula para a obtenção

de cada dado tratado, estão expostos nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Dados levantados e as respectivas fórmulas utilizadas na obtenção dos dados trabalhados em abastecimento de água

Sistema de Abastecimento de Água				
Dados Levantados		Dados Tratados		
Dado	Unid.	Dado	Unid.	Fórmula
População Atendida	hab.	Taxa de atendimento da população total	%	$Tx = (\text{Pop. Total} / \text{Pop Total atendida}) * 100$
População Urbana Atendida	hab.	Taxa de atendimento da população urbana	%	$Tx = (\text{Pop. Urbana Total} / \text{Pop Urbana atendida}) * 101$
População Rural Atendida	hab.	Taxa de atendimento da população rural	%	$Tx = (\text{Pop. Rural Total} / \text{Pop Rural atendida}) * 102$
Volume de água produzido	100m ³ /ano			
Volume de água tratado	100m ³ /ano	Taxa de volume de perdas de água	%	$Tx = (\text{Vol. de água tratada} / \text{Vol. De água produzida}) * 100$
Volume de água consumido	100m ³ /ano	Taxa de volume de água tratada	%	$Tx = ((\text{Vol. de água produzida} - \text{Vol. Água consumida}) / \text{Vol. De água produzida}) * 100$
Extensão da rede	km	Índice de "extensão de rede/habitante"	m/hab	$\text{Índice} = ((\text{Ext. da rede} * 1000) / N^{\circ} \text{ de habitantes}) * 100$

Tabela 3. Dados levantados e as respectivas formulas utilizadas na obtenção dos dados trabalhados em esgoto

Sistema de Esgotamento Sanitário				
Dados Levantados		Dados Tratados		
Dado	Unid.	Dado	Unid.	Fórmula
População Atendida	hab.	Taxa de atendimento da população total	%	$Tx = (\text{Pop. Total} / \text{Pop Total atendida}) * 100$
População Urbana Atendida	hab.	Taxa de atendimento da população urbana	%	$Tx = (\text{Pop. Urbana Total} / \text{Pop Urbana atendida}) * 101$
População Rural Atendida	hab.	Taxa de atendimento da população rural	%	$Tx = (\text{Pop. Rural Total} / \text{Pop Rural atendida}) * 102$
Volume de esgoto coletado	100m ³ /ano			
Volume de esgoto tratado	100m ³ /ano	Taxa de volume de esgoto tratado	%	$Tx = (\text{Vol. de esgoto tratado} / \text{Vol. De esgoto coletado}) * 100$
Extensão da rede	km	Índice de "extensão de rede/habitante"	m/hab	$\text{Índice} = ((\text{Ext. da rede} * 1000) / N^{\circ} \text{ de habitantes}) * 100$

Avaliação das desigualdades na prestação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário e identificação das problemáticas para a universalização

A avaliação de desigualdades existentes na prestação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, foi realizada pela análise de dados levantados no SNIS (2015) e dos dados tratados, tomando-se como referências para análise, as faixas populacionais características dos municípios, a relação dos serviços ofertados à população rural e urbana, e

a relação entre a oferta de abastecimento de água e esgotamento sanitário. A partir disto, foi possível destacar as principais divergências apontadas, e como elas ocorrem.

Para a identificação das problemáticas para a atingir a universalização dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário na Paraíba, foi correlacionado os dados obtidos, discutindo-os mediante comparação dos resultados obtidos e de outros estudos desenvolvidos no tema objeto deste trabalho e mapeando a existência de características típicas

entre certas regiões, municípios, serviços e populações no estado

Resultados e Discussão

Caracterização populacional do estado e dos municípios

A população total, urbana e rural levantada para as 223 cidades do estado está de acordo com o último censo realizado pelo IBGE no ano de 2010, assim como, também as estimativas levantadas dessas populações para o ano de 2015, ano usado como base para o

levantamento de dados sobre o abastecimento de água e o esgotamento sanitário. Para os municípios que não foi possível obter dados, está identificada a população estimada nos anos de referência.

Os dados populacionais estão organizados pela população total estimada, e foram agrupadas em sete faixas populacionais, limitadas pela população total estimada e as faixas foram nomeadas de A G, e em sequência ficaram com a distribuição exposta na Tabela 4.

Tabela 4. Quantidade de municípios, habitantes e porcentagem populacional por faixa populacional em 2015

Faixa Populacional	Intervalo Populacional (hab)	Quant. de hab.	Quant. de municípios	Porcentagem populacional (%)
A	0 a 10.000	698.947	135	17,6
B	10.000 a 20.000	799.987	55	20,2
C	20.000 a 30.000	379.488	16	9,6
D	30.000 a 40.000	161.914	5	4,1
E	40.000 a 50.000	88.036	2	2,2
F	50.000 a 100.000	402.407	6	10,1
G	> 100.000	1.437.764	4	36,2
Total		3.968.543	223	100,0

No estado da Paraíba, a maioria dos municípios apresentam uma população residente baixa. Com relação a população total estimada pelo IBGE no ano de referência 2015, 85,20% dos municípios apresentam população total de até 20.000 habitantes. Somente quatro municípios possuem população total estimada acima de 100.000 habitantes, dos quais Patos, Santa Rita, Campina Grande e João Pessoa. Ressalta-se que, a faixa G é que contém 36,7% de toda a população do estado, e que as faixas A e B abrangem praticamente 40% da população paraibana (Tabela4).

Comportamento do abastecimento de água nos municípios e estado

Analisando o atendimento de abastecimento de água, contando somente com os 214 municípios que há informações, é possível notar o comportamento de incidência do serviço nos municípios. Para a população total pôde-se notar que, aproximadamente 70% dos municípios da Paraíba apresentam uma taxa de abastecimento da população acima de 50%. É possível analisar como cada faixa populacional é atendida na Tabela 5.

Tabela 5. Porcentagem da população total, urbana e rural atendida com abastecimento de água em função das faixas populacionais

Faixa Populacional	Taxa de Atendimento (%)		
	População Total	População Urbana	População Rural
A	56,91	95,51	19,55
B	63,65	95,02	17,41
C	58,80	82,45	5,95
D	78,93	98,06	24,00
E	61,96	80,11	24,00
F	89,00	93,45	54,64
G	98,83	100,00	61,73
Total	95,93	95,93	20,81

Fica perceptível que, para os municípios da faixa F e G, a porcentagem média de população atendida com abastecimento de água é, respectivamente, 89,00 e 98,83% e são as faixas com melhores taxas de atendimento. Fica evidente como o atendimento é prioritário nos grandes centros populacionais.

Analisando o comportamento do atendimento para população urbana tem-se que, no estado, 83,64% dos municípios apresentam uma porcentagem de atendimento de abastecimento de água da população urbana acima de 90%. Na faixa populacional G, todos os municípios apresentam uma taxa de porcentagem de atendimento da população urbana de 100%, sendo a faixa mais favorável.

Os municípios com até 50.000 habitantes são os que apresentam as piores taxas médias de atendimento urbano, variando de 80,11 a 95,51%, como observa-se na Tabela 5. Esses dados reforçam o fato de que, os municípios com baixo número de habitantes ainda apresentam pior atendimento, mesmo sendo neles que residem aproximadamente 40% da população do estado.

Para a população rural, 44,86% dos municípios apresentam taxa de porcentagem de população rural atendida com abastecimento de água abaixo de 10%, e somente 4,67% possuem taxa acima de 90%. Observando-se a Tabela 5, fica claro que para população rural, os

percentuais de atendimento para todas as faixas apresentam valores baixos, nos municípios de até 50.000 habitantes os percentuais são ainda menores. Isso expõe a fragilidade das populações rurais em relação ao abastecimento de água.

No que concerne aos volumes de água destinados ao abastecimento, é possível obter da relação entre volume produzido e consumido as perdas no estado. E da relação entre o volume produzido e tratado é obtido a porcentagem de volume que é tratado, contando somente com os 212 municípios que há informações para esses dados. Observa-se que, 41,5% dos municípios apresentam taxa de perdas abaixo de 30%, e somente 1,41% apresenta essa taxa acima de 70%. Nota-se, também que, 76,4% dos municípios apresentam taxa de porcentagem de água tratada acima de 90%, e somente 11,8% apresenta taxa abaixo de 20%.

É possível notar que, independente da faixa populacional, a taxa média de perdas média gira em torno de 10 até 50%, com 70,6% dos municípios que se tem dados do estado dentro dessa porcentagem. Isso demonstra que, o percentual de perdas é similar e independente da faixa. Na Tabela 6 observa-se a configuração da porcentagem média de água perdida e tratada no abastecimento em cada faixa populacional.

Tabela 6. Porcentagem média de água perdida e tratada no abastecimento em cada faixa populacional

Faixa Populacional	Perdas (%)	Água Tratada (%)
A	29,25	79,23
B	37,72	85,30
C	43,98	74,10
D	40,46	96,58
E	35,0	95,88
F	19,44	98,39
G	39,44	97,21
Total	36,28	92,32

Para a faixa populacional F e G, a taxa de porcentagem de água tratada média são as maiores do estado, com 98,39 e 97,21%, respectivamente. As faixas populacionais, A, B e C são as que apresentam menor percentual médio de água tratada, 79,23, 85,30 e 74,10% respectivamente, demonstrando que, os pequenos municípios apresentam uma maior dificuldade em tratar água (Tabela 6).

Quando se considera os dados de extensão de rede, para o estado, contando somente com os 213 municípios que há informações, 82,16% dos municípios apresentam índice de extensão de rede/habitantes entre 0 e 2 metros/hab. Na Tabela 7 observa-se a configuração da quantidade de municípios em função de sua faixa populacional e índice de extensão de rede/habitantes no abastecimento.

Tabela 7. Média do índice de extensão de rede/habitantes em cada faixa populacional

Índice da Rede de Abastecimento	
Faixa Populacional	Índice
A	1,56
B	1,17
C	1,14
D	1,06
E	1,03
F	1,78
G	1,45
Total	1,43

Comportamento do esgotamento sanitário nos municípios e estado

As informações referentes ao atendimento de esgotamento sanitário da população, não estão disponíveis no SNIS para um número considerável de municípios. Dos 223 municípios do estado, 43,1% não possuem informações para esses dados. Para efeito de análise, foram considerados somente os 127 municípios que possuem informação para o atendimento.

Para a amostra definida, nota-se que, 60,6% dos municípios tem um percentual de atendimento de esgotamento sanitário da população total abaixo de 50%. É possível

constatar que, considerando somente as cidades com informações, a faixa populacional G é que apresenta porcentagem de população atendida com esgotamento sanitário mais favorável, com 67,39% da população.

As faixas populacionais C e E, são as mais desfavoráveis com relação a essa porcentagem, onde menos de 10,0% da população dessas faixas são atendidas. Vale ressaltar ainda que, com exceção da faixa G, todas as demais não atingem 50% de suas populações, deixando claro a precariedade desse serviço. Na Tabela 8 observa-se a configuração da quantidade de municípios em função de sua faixa populacional e porcentagem de atendimento.

Tabela 8. Porcentagem da população total, urbana e rural atendida com abastecimento de água em função das faixas populacionais

Faixa Populacional	Atendimento (%)		
	População Total	População Urbana	População Rural
A	27,06	39,73	15,95
B	23,11	31,62	10,67
C	8,16	12,78	0,00
D	42,25	56,97	0,00
E	3,96	5,86	0,00
F	26,01	28,82	4,31
G	67,39	69,53	0,00
Total	39,05	48,84	9,32

Para a população urbana na amostra definida, nota-se que, aproximadamente 50% da população é atendida, e 36,8% dos municípios têm um percentual de atendimento de esgotamento sanitário para população urbana abaixo de 50%, e que 56% tem o percentual acima de 60%. Nota-se ainda que, com exceção da faixa G, as demais faixas não atendem se quer 60% de suas populações.

Para os dados referentes ao atendimento de esgotamento sanitário da população rural, nota-se que, somente 9,32% da população é atendida, que 74,8% dos municípios tem um percentual de atendimento

de esgotamento sanitário para população rural abaixo de 20%, e que apenas 15,8% tem o percentual acima de 80%.

É evidenciado que, para os municípios com população superior a 20.000 habitantes a porcentagem de atendimento é inferior a 10%, logo as faixas que apresentam melhor porcentagem de atendimento à população rural são as faixas A e B, o que faz sentido, já que, são elas que possuem maior porcentagem de população rural, onde aproximadamente 50% da população dessas faixas é rural. Toda a configuração da porcentagem de atendimento nos municípios pode ser observado na Tabela 8.

As informações referentes ao volume de esgoto tratado dos municípios também não estão disponíveis no SNIS, para um número considerável de municípios. Dos 223 municípios do estado, 47,5% não possuem informações para esse dado. Para efeito de análise, foram considerados somente os 117 municípios que possuem informação para o volume de esgoto coletado e tratado.

Para a amostra definida, nota-se que, 69,2% dos municípios tem porcentagem de esgoto tratado abaixo de 30%. Na faixa populacional G, 75% dos municípios tem a taxa

de porcentagem de volume de esgoto tratado acima de 70%. Para a faixa populacional E, a taxa tem um valor de 100% para todos os municípios, sendo a mais favorável.

As faixas A e B, são as que menos tratam o esgoto coletado, não chegando a 15%. O padrão é que, os esgotos sejam tratados com maior percentual nas grandes cidades, que possuem maior número de ETE's. Na Tabela 9 observa-se a configuração da quantidade de municípios em função de sua faixa populacional e porcentagem de volume tratado.

Tabela 9. Porcentagem média de volume de esgoto tratado no esgotamento em cada faixa populacional

Volume de Esgoto Tratado	
Faixa Populacional	(%)
A	10,59
B	12,18
C	98,25
D	20,97
E	100,00
F	47,54
G	89,07
Total	62,8

Analisando a extensão da rede e o índice a ela associado, para o estado, contando somente com os 117 municípios que há informações, 80,3% dos municípios apresentam índice de extensão de rede/habitantes entre 0 e 2 metros, e somente 10,3% apresenta um índice

maior que 3 metros. Na Tabela 10 observa-se a configuração da quantidade de municípios em função de sua faixa populacional e a média do índice de extensão de rede/habitantes no esgotamento.

Tabela 10. Média do Índice de extensão de rede/habitantes em cada faixa populacional

Índice da Rede de Esgoto	
Faixa Populacional	Índice
A	1,26
B	0,96
C	0,42
D	0,97
E	0,08
F	0,61
G	0,45
Total	0,99

Avaliação da existência de desigualdades na paraíba no que se refere aos serviços de saneamento avaliados no estudo

Para que a universalização dos serviços de saneamento se torne realidade em cada município brasileiro, faz-se importante identificar as divergências locais, em cada estado, para impulsionar políticas direcionadas as carências em cada região.

Para o estado da Paraíba, têm-se que, os municípios com mais de 50.000 habitantes

apresentam taxa percentual de atendimento da população para o abastecimento de água acima de 50%. A faixa populacional G, é a que apresenta maior percentual para essa taxa, com 92,82%, e a faixa A apresenta o pior percentual dessa taxa com 56,91%, onde 301.161 habitantes não possuem atendimento.

Para a população urbana dos municípios, o percentual de atendimento aumenta em todas as faixas, ficando acima dos 80% em todas elas, onde 95,93% da população

urbana do estado é atendida. Na faixa G, 100% da população é atendida, sendo a faixa que possui a maior concentração de população urbana no estado, e a que apresenta situação mais favorável, com 100% das pessoas sendo atendidas.

Já para a população rural, esse percentual de atendimento cai, com o menor percentual de atendimento na faixa C com somente 5,95%, ficando abaixo dos 60% para todas as faixas, exceto a G, que apresenta taxa de 61,73% de atendimento. A faixa que apresenta maior população rural é a A, com 36,3% da população rural de todo estado, e 50,81% das pessoas residentes dessa faixa são rurais, mas poucas são as políticas voltadas para este contingente populacional, e que se mostrem verdadeiramente eficientes na garantia de acesso a água. Direito este, garantido na Lei nº 9.433, mais conhecida como Lei das Águas, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH, 1997).

De acordo com esses dados, fica claro que, os municípios com baixa população residente, ainda são os que possuem maior deficiência em relação ao atendimento da população com abastecimento de água. É evidente também que, a maior deficiência de atendimento desse serviço é para a população rural, que em comparação com a população urbana, apresenta taxas de atendimento bem menores, evidenciando a dificuldade de atender essas áreas. Outro dado relevante, refere-se as grandes desigualdades percebidas entre os municípios com menos de 50 mil, e mais de 50 mil habitantes. Enquanto as menores cidades apresentam índices de cobertura do sistema de abastecimento em torno de 60%, as maiores cidades do estado da Paraíba, exibem taxas de 95% de cobertura.

Por meio dos volumes de água produzida e tratada, nota-se que, os municípios com população abaixo de 30.000 habitantes têm porcentagem média de volume de água tratada entre 74,1 e 85,3%, enquanto os acima de 30.000 habitantes, apresenta essa taxa acima de 90%. Para essa faixa 19,15% da água produzida não recebe tratamento, e nem todo o volume que possui tratamento o recebe de maneira adequada, tendo em vista que, a maior fonte de abastecimento para as cidades refere-se a açudes, que para corpos de água doce, se enquadram em Classe 2 ou 3 do CONAMA, que exigem o tratamento convencional para uso em abastecimento humano, e nem sempre o recebem.

Vale ressaltar também que, ainda nessa faixa, além das pessoas que recebem água sem tratamento, cerca de 40% da população não tem acesso ao sistema de distribuição. Logo, parte significativa da população de pequenos municípios se apresentam vulneráveis ao consumo de água não potável. Isso salienta que, é mais comum a existência de ETAs para o atendimento de cidades com maior número de habitantes.

Ainda com relação ao tratamento de água, no que diz respeito aos municípios atendidos pela CAGEPA em 2009, identifica-se que, dos 191 sistemas de abastecimento que a companhia atendia na época, 58 tinham o tratamento da água realizado em estações de tratamento convencional, 47 em tratamento não-convencional (39 por filtros russos, 5 por estações compactas e 3 filtros lentos), e 62 somente com desinfecção. Fica evidente que, nem todos os municípios possuem tratamento, e que mesmo os que possuem, não significa que o possuam de maneira adequada. O que ressalta o fato de que, caso o município tenha considerável volume de água tratada, não há garantia que esse volume está sendo eficiente para garantir a salubridade de seus consumidores.

No que diz respeito ao atendimento de esgotamento sanitário, tem-se que somente 39,05% da população é atendida, com exceção da faixa populacional G, que possui um percentual de atendimento médio de 67,39%. Todas as demais faixas possuem esse percentual de atendimento abaixo de 50%. A faixa E contém o percentual médio mais desfavorável, atendendo somente a 3,96% da população. Para a população urbana, essa porcentagem de atendimento aumenta para 48,84%, e para a população rural, ela cai para 9,32%. Um valor consideravelmente baixo, para as faixas C, D, E e G, a situação é ainda mais agravante, com nenhuma população rural sendo atendida.

De maneira geral, a cobertura dos sistemas de esgotamento sanitário é bem mais limitada que o abastecimento de água, e as porcentagens de atendimento são bem menores para os serviços de coleta e tratamento de efluentes. Em diversos municípios, a taxa de atendimento para esgoto é precária, e em muitos casos chega a ser inexistente. Ao analisar a população rural de forma isolada, esse cenário é ainda pior. Diante disso, observa-se o quão falho ainda é o atendimento de esgoto no estado para a população em geral.

Do volume de esgoto coletado, apenas 62,83% é tratado, e para as faixas populacionais A e B essa taxa não ultrapassa os 15%, constatando assim que, os municípios com baixa população apresentam imensa fragilidade na coleta e tratamento dos seus esgotos. De maneira geral, fica claro que, esse serviço ainda não é abordado com a seriedade e urgência que lhe é necessária para garantir a qualidade da água dos corpos hídricos receptores, e simultaneamente a saúde da população.

Já para a extensão da rede, o índice extensão de rede/habitantes para a população total do estado, o valor médio do índice é de 1,43 m/hab para abastecimento, e 0,99m/hab para esgoto. É evidente que, o índice de extensão de rede no esgotamento é menor, o que reforça o quanto o serviço é socialmente segregacionista, uma vez que, a rede de esgoto se concentra nas regiões mais centrais das cidades, que apresentam maior densidade populacional, e por muitas vezes não atende as periferias onde se concentra a população de renda mais baixa, o que explica o menor comprimento de rede nos sistemas de esgotamento sanitário no estado.

Problemáticas para a universalização

No estado da Paraíba, a cobertura dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário permite um acesso relativamente amplo da população à esses serviços, mas não universal. Com um padrão claro de atendimento prioritário da população urbana em detrimento da rural, dos grandes centros populacionais em detrimento dos pequenos, e do abastecimento em detrimento do esgotamento, faltando assim, flexibilidade para atingir essas situações específicas e locais, em escala estadual.

Quando se analisa os resultados sob características populacionais, percebe-se de maneira mais nítida a magnitude da escassez dos serviços para certo grupo populacional. Ao analisar como o atendimento é mais precário em pequenos municípios e zonas rurais, fica claro o baixo alcance social e a ineficácia dos instrumentos distribuição igualitária desses serviços. Isso fica evidente com os dados censitários do IBGE, ainda em 1991, que já mostrava a tendência à universalização, à medida que, aumenta o rendimento médio domiciliar. O segmento de menor renda não alcançava 50% de acesso ao abastecimento de água, e pouco mais de 20% destes domicílios, possuíam esgotamento sanitário adequado.

Enquanto isto, na fração de rendimento mais alto estes índices eram de 93 a 100%.

Cançado e Costa (2002) destacam que, no país houve um grande crescimento na oferta dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário entre os anos de 1970 e 1980. Eles ressaltam, ainda, o distanciamento crescente no acesso aos dois tipos de saneamento básico. Em 1960, o abastecimento de água e o esgotamento sanitário cobriam praticamente o mesmo percentual de domicílios, cerca de 47%. Em 2000, embora o percentual de atendimento tenha aumentado, a diferença entre os serviços também foi acentuada, onde 89,7% dos domicílios urbanos recebiam água tratada canalizada, e 72,0% com esgotamento sanitário por rede geral ou fossa séptica. Isso reforça o fato de que, o abastecimento de água e o esgotamento sanitário não são priorizados em mesma escala.

A situação no estado paraibano para o abastecimento de água nos últimos anos atinge uma taxa de atendimento da população de 78%, que apesar de ser relativamente alta, expõe a fragilidade com relação a busca pela universalização, já que, quase 1 milhão de habitantes do estado, ainda não possuem acesso à água canalizada. Para o esgoto, a universalização se mostra ainda mais distante, com 60,95% da população sem acesso a esse serviço. Esses dados mostram que, a Paraíba segue as disparidades mostradas entre os dois serviços a nível nacional

Um outro grupo que precisa de atenção especial e políticas específicas com diretrizes diferenciadas para obtenção do acesso aos serviços de saneamento básico, é a zona rural, em virtude das condições que são peculiares a estas áreas, e que ainda abrigam 24,6% da população, que se refere a um contingente de 978.377 pessoas no estado.

Diversos são os fatores que explicam o déficit dos serviços de água e esgoto no país. Galvão (2009), destaca a fragmentação das políticas públicas e a carência de instrumentos de regulação. Além das questões relativas à qualidade e à continuidade dos serviços, o acesso à infraestrutura é muitas vezes limitado pela falta de capacidade de pagamento das tarifas pela população. Vale ressaltar que, além de não atingir toda a população, outro problema relacionado a universalização desses serviços, reside no fato de que, dispor deles com áreas totalmente cobertas por redes, não necessariamente significa tê-los prestados de maneira correta.

Diante do cenário de desigualdades na prestação dos serviços de saneamento na Paraíba, faz-se necessário estabelecer políticas públicas que estimulem e financiem a ampliação dos sistemas de abastecimento de água e coleta e tratamento de efluentes nos municípios até 50 mil habitantes, principalmente nas faixas A e B, relatadas neste trabalho, e para as regiões periféricas dos centros urbanos acima de 100 mil habitantes.

Conclusão

Pelos resultados obtidos, observou-se certa dificuldade de levantar dados junto aos órgãos públicos competentes, onde a disponibilidade de informações para esgoto foi pequena e significativamente menor que o número de informações existente para abastecimento.

As cidades com maiores concentrações populacionais foram as que possuíam melhores índices de atendimento, e os municípios com pequena população foram os que apresentaram menores taxa de atendimento, mesmo alguns próximos de grandes centros populacionais. Ficou claro como a prestação desses serviços ainda é fortemente atrelada ao poder econômico, e que as regiões onde a capacidade financeira é limitante, apresentaram-se ainda mais desfavorecidas.

Notou-se que, a precariedade da prestação de serviço de esgotamento sanitário, estando o mesmo, apresentou-se longe de ser satisfatório. Mais da metade da população do estado não tem acesso a esse serviço e o quadro se agrava quando se avaliou separadamente a população rural ou de baixa renda. Vale ainda ressaltar, que apesar do abastecimento ter sido consideravelmente mais satisfatório que o esgotamento, o mesmo ainda precisa melhorar, tanto em relação a sua cobertura quanto ao tratamento da água, para se atingir a universalização.

É indiscutível a importância da universalização desses serviços para a sociedade em geral, e ficou claro que, o estado precisa melhorar o atendimento e qualidades desses serviços. Dada à importância do assunto, torna-se necessário o desenvolvimento de políticas específicas de garantia ao acesso à serviços básicos, para que os mesmos sejam abrangentes, satisfatórios e socialmente justo para toda a população.

Ficou evidente que, os impactos sociais que esses serviços básicos podem proporcionar diversos aspectos de estudos, que ensejam a

possibilidade de novas linhas de pesquisa sobre o mesmo tema.

Referências

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986. 5p.
- BRASIL. Constituição. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. v.11445, 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm. Acesso em: 22 de fevereiro de 2018.
- CAGEPA. Companhia de Água e Esgotos da Paraíba. Conceitos Técnicos, Paraíba. Disponível em: http://ew3.com.br/cagepa/informacoes_conceitos.shtml. Acesso em: 19 mar. 2018.
- CAGECE. Companhia de Água e Esgoto do estado do Ceará. Saneamento Básico: Um compromisso de todos por mais qualidade de vida. Governo do estado do Ceara. Fortaleza, 2016.
- GUIMARÃES, A. J. A.; CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. da. Saneamento básico. Instituto de Tecnologia. UFRJ, 2007. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%201.pdf>. Acesso em: 20 de mar. 2018.
- INSTITUTO TRATA BRASIL. Manual do Saneamento Básico: Entendendo o saneamento básico ambiental no Brasil e sua importância socioeconômica. Brasil, 2012. 62p. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/estudos/pesquisa16/manual-imprensa.pdf>. Acesso em: 22 de fevereiro de 2018.
- SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2016. Brasília, 2018. Disponível em: <http://www.snis.gov.br>. Acesso em: 21 de março de 2018.
- SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2015. Disponível em: <http://app3.cidades.gov.br/serieHistorica/#>. Acesso em: Março, 2018.
- TSUTIYA, M. T. Abastecimento de água. 3.a ed. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004. 643p.
- WHO. World Health Organization. International Standards for Drinking-water. 1958. Disponível em: https://www.who.int/water_sanitation_health/water-quality/guidelines/en/. Acesso em: 15 de fevereiro de 2018.

Curriculum dos Organizadores

Maria José de Holanda Leite: Doutora pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) (2018); Mestre em Ciências Florestais pelo Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais (PPGCF) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) (2014) e Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) (2012). Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho, pela Faculdade Integradas de Patos (FIP) (2017) e Técnica de Saúde e Segurança do Trabalho, pela Escola Técnica Redentorista (ETER) (2007). Presentemente é professora substituta no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL). Com experiência na área de Ecologia e Conservação dos Recursos Florestais e Engenharia Florestal, com ênfase em Ecologia funcional de plantas, Silvicultura, Recuperação e manejo de áreas degradadas, Desenvolvimento rural e produção agroecológica, Análise e avaliação de impactos ambientais, extensão rural, produção e fertilização de mudas.

Paulo Roberto Megna Francisco: Pós Doutor em Ciência do Solo pela UFPB. Doutor em Engenharia Agrícola – Irrigação e Drenagem pela UFCG. Mestre em Manejo de Solo e Água pelo CCA/UFPB. Graduado pela UNESP como Tecnólogo Agrícola com especialização em Mecanização. Graduando em Engenharia Agrícola pela UFCG. Participa de Projetos de Pesquisa e Extensão juntamente com a EMBRAPA-Algodão, UFPB-Campus João Pessoa, UFCG-Campus Sumé, IFPB-Campus Campina Grande e Campus Picuí. Ministrou as disciplinas de Mecanização Agrícola, Máquinas e Motores Agrozootécnicos e Máquinas e Motores Agrícolas no CCA/UFPB. Atualmente presta consultoria para o INCRA/PB na realização de PDA's. Consultor Ad hoc do CONFEA como organizador do Congresso Técnico Científico da Engenharia e Agronomia – CONTECC.

Portal Tecnológico
de Divulgação Científica
Eventos, Pesquisas e Inovação



978-85-60307-50-0