

Barbara Luzia Sartor Bonfim Catapan  
Organizadora

A PRODUÇÃO DO CONHECIMENTO  
VOLTADA PARA A CIÊNCIA E  
**TECNOLOGIA**

CURITIBA  
2021



**Organizadora  
Barbara Luzia Sartor Bonfim Catapan**



**A produção do conhecimento voltada  
para a ciência e tecnologia**

Vol. 01

**Reflexão Acadêmica**  
editora

**Curitiba  
2021**

Copyright © Editora Reflexão Acadêmica  
Copyright do Texto © 2021 O Autor  
Copyright da Edição © 2021 Editora Reflexão Acadêmica  
Editora-Chefe: Profa. Msc. Barbara Luzia Sartor Bonfim Catapan  
Diagramação: Lorena Fernandes Simoni  
Edição de Arte: Editora Reflexão Acadêmica  
Revisão: O Autor

O conteúdo do livro e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva da autora. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos a autora, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial:**

Prof<sup>a</sup>. Msc. Rebeka Correia de Souza Cunha, Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Prof. Msc. Andre Alves Sobreira, Universidade do Estado do Pará - UEPA

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Clara Mariana Gonçalves Lima, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

Prof<sup>a</sup>. PhD Jalsi Tacon Arruda, Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Adriana Avanzi Marques Pinto, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP

Prof. Dr. Francisco Souto de Sousa Júnior, Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFRSA

Prof. Dr. Renan Gustavo Pacheco Soares, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof. Dr. Sérgio Campos, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Brasil.

Prof. Dr. Francisco José Blasi de Toledo Piza, Instituição Toledo de Ensino, Brasil.

Prof. Dr. Manoel Feitosa Jeffreys, Universidade Paulista e Secretaria de Educação e Desporto do Amazonas, Brasil.

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Mariana Wagner de Toledo Piza, Instituição Toledo de Ensino, Brasil.

Prof. Msc. Gleison Resende Sousa, Anhanguera Polo Camocim, Brasil.

Prof<sup>a</sup>. Msc. Raiane Vieira Chaves, Universidade Federal de Sergipe, Brasil.

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Thalita Siqueira Sacramento, Escola da Natureza- Secretaria de Educação do Distrito Federal, Brasil.

Prof. Msc. André Luiz Souza, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil.

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Leonice Aparecida de Fatima Alves Pereira Mourad, Universidade Federal de Santa Maria, Brasil.

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lenita de Cássia Moura Stefani, Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil.



Reflexão Acadêmica  
editora

**Ano 2021**

Prof<sup>a</sup>. Msc. Vanesa Nalin Vanassi, Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil.  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Khétrin Silva Maciel, Universidade Federal do Sul da Bahia, Brasil.  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Adriana Crispim de Freitas, Universidade Federal do Maranhão, Brasil.  
Prof. Esp. Richard Presley Silva Lima Brasil, Centro De Educação Superior De Inhumas Eireli, Brasil.  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vânia Lúcia da Silva, Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil.  
Prof.<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Anna Maria de Oliveira Salimena, Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil.  
Prof.<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Maria Clotilde Henriques Tavares, Universidade de Brasília, Brasil.  
Prof.<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Márcia Antonia Guedes Molina, Universidade Federal do Maranhão, Brasil.  
Prof. Msc. Mateus Veppo dos Santos, Centro Universitário Euro-Americano, Brasil.  
Prof.<sup>a</sup> Msc. Adriana Xavier Alberico Ruas, Funorte, Brasil.  
Prof.<sup>a</sup> Msc. Eliana Amaro de Carvalho Caldeira, Centro Universitário Estácio - Juiz de Fora MG, UFJF, Brasil.  
Prof. Msc. João Gabriel de Araujo Oliveira, Universidade de Brasília, Brasil.  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Anísia Karla de Lima Galvão, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Brasil.  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rita Mônica Borges Studart, Universidade de Fortaleza, Brasil.  
Prof.<sup>a</sup> Msc. Adriane Karal, UDESC/UCEFF, Brasil.  
Prof.<sup>a</sup> Msc. Darlyne Fontes Virginio, IFRN, Brasil.  
Prof.<sup>a</sup> Msc. Luciana Mação Bernal, Universidade Federal de São Carlos, Brasil.  
Prof. Dr. Roberto José Leal, Escola de Enfermagem Anna Nery / Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil.



Reflexão Acadêmica  
editora

**Ano 2021**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

**C357a** Catapan, Barbara Luzia Sartor Bonfim

A produção do conhecimento voltada para a ciência e tecnologia / Barbara Luzia Sartor Bonfim Catapan.  
Curitiba: Editora Reflexão Acadêmica, 2021.  
221 p.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui: Bibliografia

ISBN: 978-65-84610-05-7

1. Ciência. 2. Conhecimento.

I. Catapan, Barbara Luzia Sartor Bonfim. II. Título.

Editora Reflexão Acadêmica  
Curitiba – Paraná – Brasil  
1contato@reflexaoacademica.com.br



Reflexão Acadêmica  
editora

**Ano 2021**

## ORGANIZADORA

**Sobre a organizadora** - Barbara Luzia Sartor Bonfim Catapan - Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas pela PUCPR. Possui graduação em Administração pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUCPR (2014), bacharelado em Pedagogia pela Faculdade das Américas - FAM (2020) e MBA em Gestão Executiva de Negócios pela Universidade Braz Cubas (2016). Atuou, profissionalmente, em duas organizações nas áreas financeira e administrativa. Foi professora convidada no Instituto de Educação e Pós-Graduação em Negócios (IEN), ministrando aulas em cursos de extensão a distância. Foi Professora Pesquisadora no Instituto Federal do Paraná - IFPR no curso Técnico de Logística. Publicou 9 artigos em periódicos e 9 artigos em congressos nacionais e internacionais. Atualmente, atua como Editora-chefe na empresa Reflexão Acadêmica Editora.

## APRESENTAÇÃO

O livro “A produção do conhecimento voltada para a ciência e tecnologia vol.1”, publicado pela Reflexão Acadêmica Editora, coletânea que traz um conjunto de quatorze capítulos, irá apresentar trabalhos relacionados com os diversos temas da área de ciência e tecnologia como um todo.

É apresentado um trabalho sobre, um relato de experiência da adoção do software AMCAP que permitiu o desenvolvimento da competência cognitiva relacionada ao reconhecimento das estruturas têxteis no processo de ensino-aprendizagem dos estudantes no componente curricular materiais têxteis e produtos, do curso técnico em vestuário localizado na cidade satélite de Taguatinga, em Brasília. O livro também traz um projeto mecânico e elétrico de uma prótese robótica de mão humana, bem como os algoritmos computacionais para realizar os testes iniciais das funções de movimento. Pretende-se que esta prótese seja controlada pela contração muscular do próprio braço do usuário utilizando-se de sensores eletromiográficos e algoritmos de controle evolutivos. Outro trabalho que poderá ser apreciado, é um estudo comparativo do modelo relacional, orientado a objetos e objeto-relacional, a fim de encontrar vantagens de um modelo sobre o outro, considerando o tipo de operação realizada. A modelagem das tabelas foi feita com PostgreSQL para modelos relacionais e objeto-relacional e foi utilizado DB4Objects para modelagem orientada a objetos, entre outros trabalhos.

Dessa forma agradecemos todos os autores pelo esforço e dedicação colocados em seus trabalhos. Esperamos poder contribuir com a comunidade científica que se interessa por temas relacionados na área da ciência e tecnologia e que o livro auxilie em futuras pesquisas voltadas na temática discutida.

Boa leitura!

Profa. MSc. Barbara Luzia Sartor Bonfim Catapan

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 01</b> .....	1
UMA MIRADA DE GÊNERO AL USO DE TIC EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR Rossana Ponce de León Leiva Nancy Castillo Velenzuela <b>DOI: doi.org/10.51497/reflex.0000250</b>	
<b>CAPÍTULO 02</b> .....	20
NO FLUXO DA JORNADA: O FLOW COMO EXPERIÊNCIA DE IMERSÃO NO GAME OLD MAN'S JOURNEY Caio Túlio Olímpio Pereira da Costa Hindenburg Henrique Tamiarana Sávyo Enrico Rodrigues Alves Kennet Anderson da Cruz Medeiros <b>DOI: doi.org/10.51497/reflex.0000251</b>	
<b>CAPÍTULO 03</b> .....	34
BRINCANDO NO MUNDO DA LEITURA: O USO DE ATIVIDADES LÚDICAS QUE INCENTIVEM A LEITURA NA UNIDADE ESCOLAR JOAQUIM PARENTE EM BOM JESUS, PIAUÍ Sandra Ribeiro da Silva Jacira Soares Aragão Luciana Barboza Silva Gisele do Lago Santana Fabíola Franco Torres da Silva Cícero das Chagas Soares Aragão <b>DOI: doi.org/10.51497/reflex.0000252</b>	
<b>CAPÍTULO 04</b> .....	43
FUNÇÕES DE BASE RADIAIS PARA SOLUÇÕES DE EDP Gilcélia Regiane de Souza <b>DOI: doi.org/10.51497/reflex.0000253</b>	
<b>CAPÍTULO 05</b> .....	50
LETRAMENTOS DIGITAIS E DESENVOLVIMENTO DO PROFISSIONAL DA ÁREA DE VESTUÁRIO Juliana Rangel de Moraes Pimentel Raimundo Claudio da Silva Vasconcelos Veruska Ribeiro Machado <b>DOI: doi.org/10.51497/reflex.0000254</b>	
<b>CAPÍTULO 06</b> .....	57
CONVIVÊNCIA COM A QUÍMICA DE PRODUTOS NATURAIS – IMPORTÂNCIA, DIVERSIDADE ESTRUTURAL, INTERDISCIPLINARIDADE E CONTRIBUIÇÃO SOCIAL Raimundo Braz Filho	

DOI: [doi.org/10.51497/reflex.0000255](https://doi.org/10.51497/reflex.0000255)

**CAPÍTULO 07** ..... 110

DESENVOLVIMENTO DE UMA ESTUFA BASEADA EM INTERNET OF THINGS  
UTILIZANDO TECNOLOGIA DE BAIXO CUSTO

Billyfrankim Avelino Pereira

Felipe Prestes Luzio

Marcio Mendes Cerqueira

DOI: [doi.org/10.51497/reflex.0000256](https://doi.org/10.51497/reflex.0000256)

**CAPÍTULO 08** ..... 117

DESENVOLVIMENTO DE UMA PRÓTESE DE MÃO ROBOTIZADA

Gregório Salvador

Gustavo Vaccari

José C. Barbon Jr

Laura Bortoncello

William Oliveira

Henrique Zardin de Lima

Maria Emília Ferreira Gonzalez Ribeiro

Anselmo Cukla

Bianca Deon Rossato

Alexsander Furtado Carneiro

DOI: [doi.org/10.51497/reflex.0000257](https://doi.org/10.51497/reflex.0000257)

**CAPÍTULO 09** ..... 130

ESTUDO DE UM PÊNDULO SIMPLES COMO FUNÇÃO DO ÂNGULO DE  
ABERTURA

Fernando José Antônio

Diego Costa Vinha

DOI: [doi.org/10.51497/reflex.0000258](https://doi.org/10.51497/reflex.0000258)

**CAPÍTULO 10** ..... 143

OS IMPACTOS DA LEI GERAL DE PROTEÇÃO DE DADOS PARA AS  
PEQUENAS, MÉDIAS E GRANDES EMPRESAS

Gisele Aparecida Chagas

Luiz Henrique Biazotto

DOI: [doi.org/10.51497/reflex.0000259](https://doi.org/10.51497/reflex.0000259)

**CAPÍTULO 11** ..... 157

APLICAÇÃO DE MODELOS DE PROPAGAÇÃO DE SINAL PARA REDE 3G NO  
ESTADO DE PERNAMBUCO, EM AMBIENTE RURAL E URBANO

Augusto Lima Pessôa

Lizandro Nunes da Silva

DOI: [doi.org/10.51497/reflex.0000260](https://doi.org/10.51497/reflex.0000260)

**CAPÍTULO 12** ..... 178

COMPARAÇÃO DE DESEMPENHO DE OPERAÇÕES CRUD EM DIFERENTES  
MODELOS DE BANCOS DE DADOS: RELACIONAL, ORIENTADO A OBJETOS E  
OBJETO-RELACIONAL

Antonio A. G. de Arruda

Everton J. de Oliveira

João Paulo de F. C. Silva

Angélica Félix de Castro

**DOI: [doi.org/10.51497/reflex.0000261](https://doi.org/10.51497/reflex.0000261)**

**CAPÍTULO 13** ..... 192

COMPARAÇÃO DE PERFORMANCE ENTRE UM BANCO DE DADOS  
RELACIONAL E DOIS BANCOS NÃO-CONVENCIONAIS DO TIPO NOSQL

Leopoldo de Freitas Costa

Angélica Félix de Castro

**DOI: [doi.org/10.51497/reflex.0000262](https://doi.org/10.51497/reflex.0000262)**

**CAPÍTULO 14** ..... 204

A REDE ORGANIZACIONAL: REDE SOCIAL FORMADA POR GRUPOS DE  
REDES SOCIAIS VIRTUAIS NO AMBIENTE DE TRABALHO

Bibiana Giudice da Silva Cezar

Paulo Vanderlei Cassenego Junior

**DOI: [doi.org/10.51497/reflex.0000263](https://doi.org/10.51497/reflex.0000263)**

## CAPÍTULO 01

### UNA MIRADA DE GÉNERO AL USO DE TIC EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR

#### **Rossana Ponce de León Leiva**

Licenciada en Filosofía, Magister en Educación y Doctora en Filosofía

#### **Nancy Castillo Valenzuela**

Master of Arts in Computers in Education - King's College London, University of London

Doctor of Philosophy in Education – King's College London, University of London

**Resumen:** Se presentan resultados parciales de la investigación Estudio sobre el nivel de uso e integración curricular de las tecnologías de información y comunicación en las carreras de educación de la Universidad del Bío-Bío. Implicancias para la incorporación de Estándares TIC en la formación inicial docente. El objetivo específico fue “Comparar los resultados del uso académico de TIC entre los estudiantes de Pedagogía, desde una perspectiva de género” El método de trabajo fue cuantitativo, con un diseño no experimental transeccional, de tipo descriptivo-comparativo, donde se recolectó información a través de un Cuestionario que mide el uso académico de TIC, estableciéndose las diferencias estadísticas entre los grupos encuestados mediante la Prueba U de Mann-Whitney. Los datos fueron procesados utilizando el software estadístico SPSS versión 13. Los resultados muestran que el grupo femenino presenta, en general, un mayor nivel de uso académico de TIC que el masculino. Entre las conclusiones se aprecia, tomando la percepción que cada grupo tiene de sí mismo respecto del uso académico avanzado con tecnología, la presencia de estereotipos que marcan dominios específicos para mujeres y hombres, lo que pudiera limitar el avance de las futuras maestras en el área tecnológica, al no considerarla un ámbito propio de trabajo.

**Palabras-clave:** Uso académico de TIC; Perspectiva de Género; Educación Superior; Estudiantado Universitario.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Desde los resultados de la investigación principal “Estudio sobre el nivel de uso e integración curricular de las tecnologías de información y comunicación (TIC) en las carreras de educación de la Universidad del Bío-Bío. Implicancias para la incorporación de los Estándares TIC en la formación inicial docente”, cuyos objetivos se centran en conocer el nivel de uso y formas de integración de estas tecnologías en las prácticas pedagógicas de los docentes y estudiantes de las carreras de Educación, surgen nuevas preguntas relacionadas con las posibilidades de inclusión social y educativa que genera el uso de TIC, especialmente en los países latinoamericanos, marcados por elevados índices de exclusión social y, de manera particular, en las mujeres de América Latina. Las TIC han sido reconocidas como herramientas democratizadoras y facilitadoras de procesos de desarrollo, pues han aportado a la formación de capital humano, lo que tendería a favorecer la Inclusión social y/o educativa de sectores menos privilegiados, denominándosele e-Inclusión. Desde este paradigma, que analiza discursos y prácticas sociales vinculados al uso de tecnología desde diferentes ámbitos, pueden detectarse nuevas formas de exclusión o brechas al interior de las sociedades. En este sentido, se ha considerado analizar los resultados de la investigación desde uno de los ámbitos de Inclusión y e-Inclusión: la perspectiva de género, desde la visión feminista de la Sociología de la Educación, buscando conocer cuál es el uso académico de TIC que hacen los y las estudiantes de las carreras de Pedagogía de una Universidad Pública y Estatal y las repercusiones que dicho uso puede acarrear no solo en el aprendizaje del estudiantado, sino también proyectándolo a su trabajo futuro como educadores y educadoras.

### **1.1 LA PERSPECTIVA DE GÉNERO Y SU APOORTE A LAS SOCIEDADES DE AMÉRICA LATINA**

Al considerar la perspectiva de género hay que señalar, primeramente, que, de acuerdo con Frutos (2010, p. 336) corresponde a una visión científica, analítica y política, reconociendo que los movimientos feministas han contribuido fuertemente a las reivindicaciones sociales de la mujer. En segundo lugar, es necesario evidenciar el concepto de género que orienta este estudio, definiéndolo como:

Conjunto de creencias, rasgos personales, actitudes, sentimientos, valores, conductas y actividades que diferencian a hombres y mujeres a través de un proceso de construcción social que tiene varias características. En primer lugar, un proceso histórico que se desarrolla a diferentes niveles tales como el estado, el mercado de trabajo, las escuelas, los medios de comunicación, la ley, la familia y a través de las relaciones interpersonales. En segundo lugar, este proceso supone jerarquización de estos rasgos y actividades de tal modo que a los que se definen como masculinos se les atribuye mayor valor. (Benería, 1987, p.46).

La identidad de género, de acuerdo con Frutos (2010, p. 337), se construye a partir de los procesos de socialización, articulados en tres instancias que constituyen la base de la diferenciación sexual que, a su vez, es la base de la desigualdad social:

*Asignación de género:* que comienza desde el momento de nacer, con la utilización, por ejemplo, de los apelativos afectivos que se les da a niños y niñas, que conllevan símbolos que hacen referencia a destinos diferentes. Los juguetes representan esta asignación, pues siguen siendo específicos para unas y otros.

*Identidad de género:* basada en un modelo ideo-afectivo, consciente e inconsciente de la persona a través del cual se identifica con la pertenencia a un sexo y no a otro.

*Rol de género* que se asume, esto es el conjunto de deberes, las aprobaciones, prohibiciones y expectativas acerca de los comportamientos sociales apropiados para las personas de cada sexo.

Aclara la autora que cualidades individuales distintas no implica necesariamente desigualdad, sino que se habla de ésta “cuando se da una asimetría en el acceso a los recursos, a los servicios sociales, a la ocupación de posiciones en la sociedad, etc. Y, cuando la desigualdad se ha institucionalizado es cuando hablamos de estructura desigual.” (FRUTOS, 2010, p. 337). Por tanto, lo que es una diferencia biológica entre sexos pasa a convertirse en desigualdad económica, social y política entre hombres y mujeres, presente a nivel mundial, aunque con diferentes expresiones de inequidad.

La preocupación de las corrientes feministas ha sido la de evidenciar, estudiar y concientizar sobre estas profundas, aunque a veces sutiles desigualdades. Pese al esfuerzo emprendido y los logros conquistados, las teorías históricamente predominantes en el feminismo (ACKER, 2000) –liberales, socialistas y radicales-, son criticadas actualmente por considerarse que dejaron de lado otras formas de desigualdades que, así como el género, siguen oprimiendo a las mujeres (como las económicas o étnicas). Estas críticas han dado lugar a la llamada tercera ola del

feminismo, representada por corrientes como las posmodernas y dialógicas. Mientras la postura posmoderna se divide en aquellas centradas en el concepto de diferencia y también en las que cuestionan el pensamiento binario, proponiendo que se disuelvan las categorías de género (FLECHA, 2010, p. 327). La postura dialógica, por su parte, se aprecia más inclusiva al preocuparse por aquellas mujeres ignoradas por el feminismo tradicional -que era principalmente academicista-, como amas de casa, mujeres sin estudio o mujeres del tercer mundo, defendiendo "... la necesidad de un feminismo basado en la igualdad de diferencias y centrado en la inclusión de todas las mujeres en el movimiento, especialmente de aquellas que padecen mayor exclusión social y que no han sido siempre tenidas en cuenta por el feminismo" (FLECHA, 2010, p. 328).

Desde esa perspectiva feminista dialógica, que tiende hacia la transformación social, pudiera relevarse la situación de la mujer latinoamericana en el siglo XXI, inmersa en una sociedad que sigue caracterizándose de acuerdo con Booth y Ainscow (2004) y otros autores y autoras, por una gran iniquidad, extensa exclusión y fragmentación social. Consideramos los problemas de género como parte de las exclusiones que enfrentan en países tercermundistas como los nuestros. No es casual que los pueblos Latinoamericanos y del Caribe hayan señalado, a través de distintos Encuentros, Foros y Cumbres, la necesidad urgente de construir sociedades inclusivas, esto, porque la mayor parte de sus poblaciones, y especialmente la femenina, sufre la ausencia de participación tanto del desarrollo económico como político y social (CUMBRE IBEROAMERICANA DE SAN SALVADOR, 2008).

Lograr, entonces, países Latinoamericanos inclusivos e inclusores, abiertos a la participación ciudadana de todos los sectores, e incorporando una mirada de género a sus prácticas y discursos, no es tarea fácil, pues significa romper con modelos de exclusión que se han asentado desde los procesos de Independencia y se siguen manteniendo, a veces no tan encubiertamente, vigentes.

## **1.2 GÉNERO Y EDUCACIÓN SUPERIOR**

Se suele reconocer a la Institución Educativa como la puerta de entrada para que hombres y mujeres de diferentes grupos sociales, puedan acceder a mejores condiciones de vida. Sin embargo, cuando los grupos desfavorecidos logran acceder

a la Educación, afrontan otra dificultad, pues el sistema escolar mantiene las mismas exclusiones que la sociedad presenta, transformándose, como es señalado por UNESCO (2007) como el mecanismo que fundamentalmente legitima y reproduce desigualdades sociales y, como ha evidenciado Frutos (2010) en sus investigaciones.

Por ello, es interesante analizar el impacto del género en la institución y en la labor educativa, pues los estudios de la Sociología de la Educación desde un enfoque feminista, como destaca Acker (2000) han aportado a preguntarnos sobre las suposiciones comúnmente admitidas y asumidas, sobre las mujeres y su educación; han descubierto y reemplazado los 'modelos deficientes de mujeres' que culpan a la víctima por su carencia de cierta cualidad que se define como deseable, debido a que normalmente se asocia a los hombres; y han revelado por qué y cómo la escolarización moldea la vida de la mujer de manera particular.

Desde esas investigaciones y otras, se establece que la identidad de hombres y mujeres se construye a partir de los modelos y referencias que se transmiten por diferentes variables socioculturales; como clase social, etnia, religión y tipo de escuela a la que se asiste y desde allí se determinan los modos de ser y por tanto las aspiraciones que se tienen, como las profesionales. En ese sentido, Si bien se puede reconocer logros educativos vinculados al nivel de cobertura y acceso de las mujeres a la Educación Superior (ARAUJO y MORENO, 2005; BERRÍOS, 2007; GARCÍA, 2010; LAGARDE, en NIETO, 2004), algunos estudios internacionales españoles (FRUTOS, 2010; VENEGAS, 2010), muestran que existen profesiones consideradas eminentemente masculinas y otras eminentemente femeninas, sentando dominios propios para cada sexo. Se analiza la escasa variación de las preferencias con el transcurso de los años, las motivaciones que tienen las mujeres al escoger una carrera y las grandes diferencias al elegir el área de desarrollo, donde el ámbito 'tecnológico' sigue constatando la ausencia femenina. Entre las carreras profesionales que mayormente escogen las mujeres, se encuentran aquellas relacionadas con el cuidado de otros, como Enfermería, Trabajo Social y Pedagogía, ante lo cual David señala "La forja de tales aspiraciones laborales en las escuelas y las universidades puede considerarse como una parte integral, y no accidental, de la reproducción sexual y social de la división del trabajo" (citado en ACKER, 2010, p. 101).

Aun reconociendo el aumento de presencia femenina en las aulas de Educación Superior, tanto en estudiantado como en académicas, Araujo y Moreno

(2010) son enfáticas al señalar que no porque ingresen las mujeres a nuevos campos se garantizan las transformaciones en las dinámicas que rigen en cada campo, pues la presencia de prejuicios y estereotipos transmitidos por diferentes medios a través de generaciones, siguen pesando fuertemente en la sociedad, por lo que sus universidades no están ajenas a ello.

Urge la necesidad de "eliminar todos los estereotipos fundados en el género en la educación superior; tener en cuenta el punto de vista del género en las distintas disciplinas; consolidar la participación cualitativa de las mujeres en todos los niveles y las disciplinas en que están insuficientemente representadas e incrementar sobre todo su participación activa en la adopción de decisiones" (UNESCO, 2000). Pese a este llamado, siguen existiendo formas abiertas y sutiles de exclusión, marginación y discriminación en la vida universitaria (ARAUJO y MORENO, 2005; BERRÍOS, 2007; GARCÍA, 2010) y aun cuando se tome a la Universidad como ejemplo de la *meritocracia* o *de quien quiere puede*. Los *silencios curriculares* (LAGARDE en NIETO, 2004) como matrimonios, embarazos o enfermedades familiares, que provocan baja productividad o ruptura en la carrera de pre o postgrado o profesional de las mujeres, nos muestran la persistencia, en nuestras concepciones y prejuicios, de la noción de destino en la vida de mujeres y hombres de hoy.

Se vuelve imperiosa la labor educativa, en tanto considere tratar y asumir los problemas de género no solo como algo externo, sino presente en la propia institución, cualquiera sea el nivel. Pero se convierte en un quehacer fundamental situarse en el nivel de Educación Superior, para mirar la formación inicial de profesoras y profesores, quienes serán los encargados de transmitir a los niños y niñas no solo las estructuras sociales vigentes, cuyos discursos plantean la preocupación de incorporar la perspectiva de género, sino también sus propios juicios y prejuicios sobre el ser hombre y ser mujer, vinculados directamente a las prácticas concretas que se realizan en la sociedad. En las investigaciones de San Román (2010), se reitera que las limitantes laborales que la sociedad ha impuesto a la condición femenina, son asumidas y definen las expectativas que se tienen de los trabajos. La pregunta que se hace San Román es hasta qué punto esa mentalidad obstaculiza alcanzar igualdad entre los géneros y aunque su respuesta es afirmativa, concluye en la necesidad de seguir investigando en cómo profesoras y profesores influyen en las orientaciones curriculares de educandos y educandas, considerando, además, su estatus social. Por

ello, es importante relevar la necesidad de trabajar los temas de género desde las carreras de Educación.

### **1.3 GÉNERO, EDUCACIÓN Y TIC**

Las tecnologías de la Información y Comunicación han sido vistas como elementos facilitadores para mejorar la situación de sectores que se consideran excluidos social y económicamente, (RIGA, 2006; UNESCO, 2008), este apoyo se centra en la formación de capital humano habilitado para utilizarlas, mejorando las posibilidades de trabajo de los sectores con difícil acceso a empleos estables. A este tipo de proceso de inclusión con apoyo Tecnológico, se le ha denominado *e-Inclusión*.

Por otra parte, las organizaciones feministas y los movimientos de mujeres promovieron el uso de TIC (como los sitios web y el correo electrónico) con la finalidad central de socializar, difundir e intercambiar ideas y actividades, lo que llevó a la creación de redes de mujeres, circuitos de información, ciberespacios proporcionando una cohesión entre mujeres desde diferentes lugares geográficos.

Sin embargo, nuevas prácticas sociales, aun cuando intenten ser un aporte a los problemas del ámbito social, pueden generar nuevas formas de exclusión, en este sentido, se reconoce la existencia de brechas sociales y específicamente digitales, cuando desde las tecnologías de la información y la comunicación, se genera la incapacidad de acceder a los avances tecnológicos y las nuevas formas de comunicarse y relacionarse de la sociedad (CEPAL, 2010; CEPPE, 2010; GARCÍA, 2007; MINEDUC, 2010; UNESCO, 2007).

Además de ello, el uso de tecnologías no es neutro, pues en la web se encuentran modelos que mantienen los estereotipos que determinan quehaceres exclusivos para hombres y mujeres, como cuando las 'labores femeninas' suelen relacionarse con el cumplimiento de un quehacer rutinario y no creativo, mientras que a los hombres se les involucra con actividades que requieren mayor reflexión (BERRIOS, 2007; DCSF, 2009; SÁNCHEZ, 2010), o cuando se renuncia a la perspectiva de género para 'hacer más amigable un software al lector'. En síntesis, si bien niñas y jóvenes son usuarias frecuentes de TIC, se observa que el uso de tecnología puede verse afectado por otra brecha, la brecha digital por género (gender digital divide) (SÁNCHEZ, 2009), quedando como ilusión la superación de los roles

tradicionales en estos nuevos tiempos y que exista un aprendizaje conjunto para todos y todas (VENEGAS, 2010). Por ello, resulta relevar que las desigualdades en la integración de tecnología acarrearán, además, desigualdades de tipo cognitivas o de aprendizaje, las que han sido denominadas brechas cognitivas (CEPAL, 2010; GARCÍA, 2007).

Uno de los países que más se ha preocupado de estos temas es Inglaterra, promoviendo, durante los años 2008 y 2009, la Agenda de Género tendiente a la mejora de los aprendizajes de niños. El informe final destaca la presencia de *brechas de género* referidas a logros académicos de niños y niñas en diferentes asignaturas (DCSF, 2009), aunque también destaca que es la combinación de varios factores, como las brechas sociales, lo que impacta en los logros académicos de niñas y niños.

Los estudios ingleses (BECTA, 2008a; DCSF, 2009), sobre las diferencias de uso de TIC entre niños y niñas, dentro y fuera de escuela presenta como resultados: que la diferencia en acceso a Tic se encuentra no en la escuela sino en los hogares; que las niñas acceden menos a la tecnología que los niños y lo hacen para fines puntuales, donde el trabajo escolar es fundamental, pero además de ello, las niñas dan un uso más social, colaborativo y creativo a las tecnologías, en cambio para los varones el uso es más recreativo. Ellas se sienten menos competentes y faltas de confianza que los varones en el uso de tecnología, lo que explicaría que no busquen carreras relacionadas con las TIC. Los estereotipos de género pueden tener un significativo impacto en las actitudes de las niñas hacia las TIC, éstos comienzan a edad temprana con los padres, reforzándose con el grupo de pares, los medios de comunicación y, en algunos casos, por profesores y profesoras, especialmente porque las niñas dependen de la escuela para aprender sobre tecnología.

Las investigaciones latinoamericanas, de Iberoamérica y chilenas que buscan relacionar TIC con género (ARAUJO y MORENO, 2005; BARRAGÁN, s/f; BERRÍOS, 2007; GDI, 2008; IGD, 2010; SÁNCHEZ, 2010; SÁNCHEZ, 2009), se han situado preferentemente en el ámbito escolar, desde allí, han estudiado cómo las generaciones de niños y jóvenes están utilizando las TIC, especialmente Internet, tratando de ver en qué medida disponen del acceso preciso para utilizarla; de conocer cuánto y dónde la utilizan; cuál es la finalidad del uso, los contenidos y las actividades más habituales cuando la usan; y por último, el grado de afinidad que genera en ellos, así como las valoraciones que su uso les suscita.

Los resultados de estas investigaciones indican que no existen diferencias significativas entre niños y niñas en cuanto al acceso cotidiano a la Red, el que es realizado, preferentemente por las chicas desde la escuela y el hogar. De esto, se infiere que los escolares con acceso a Internet desde sus aulas hacen un uso más intensivo de la red, aunque este uso no implica necesariamente un trabajo escolar por parte del estudiante.

El uso que dan a Internet tiene que ver con: Comunicarse, preferentemente a través de Messenger y correo electrónico (especialmente las niñas). En este sentido, otra tecnología utilizada preferentemente por las mujeres son los teléfonos celulares; Compartir, fotos y videos, aunque no de manera masiva; Divertirse, donde los varones son más proclives a los dispositivos de juego profesional; Conocer, la búsqueda de contenidos alojados en la web, descargando música, películas, programas informáticos y otros servicios (CEPPE, 2010).

El estudio iberoamericano GDI (2008) señala la ventaja en cuanto a acceso de los adolescentes chilenos respecto al resto de países de la región, pues disfrutaban de un acceso que supera la media en todos los dispositivos, a excepción de las consolas de juego portátiles. Tienen, en porcentaje más alto, ordenadores en el hogar y una gran penetración de Internet en sus casas. Pese lo auspicioso que podría ser esta ventaja en acceso a tecnología, no ha implicado logros en el aprendizaje (CEPPE, 2010), aun cuando los resultados de PISA 2006 (MINEDUC, 2010), muestren a los estudiantes chilenos como los segundos en América Latina, muy distantes de los resultados de países miembros del OCDE. El estudio del MINEDUC confirma que incide en el logro de las pruebas evaluadas (Lenguaje, Matemática y Ciencias) el nivel socioeconómico y cultural de los estudiantes y que el acceso a tecnología no tiene impacto en los resultados obtenidos. Aun cuando se consideraba la diferenciación por género, en las conclusiones no se menciona resultado al respecto.

De acuerdo a los resultados del estudio de Sánchez (2010) focalizado en las diferencias de género en escolares chilenos, no existiría una diferencia significativa entre acceso y uso de tecnologías en educación entre hombres y mujeres, sin embargo, las estudiantes tienen más acceso y uso que sus compañeros en varias tecnologías y aplicaciones específicas de Internet. Por tanto, las mayores diferencias entre alumnas y alumnos residirían en los usos específicos que se les da a las distintas tecnologías, pues los hombres, sobre todo en edades menores, utilizarían mucho más

los videojuegos, mientras que el uso de ellas estaría mucho más ligado a la comunicación y socialización.

## **2. METODOLOGIA**

La metodología utilizada fue Cuantitativa. Para este estudio se elaboró un diseño no experimental, transeccional, cuyo tipo de estudio fue descriptivo comparativo, pues además de los datos descriptivos respecto del uso académico de TIC, entre otros aspectos, se procedió a determinar la existencia de diferencias significativas entre los grupos de mujeres y varones, en cada una de las variables observadas.

Para recoger la información, se elaboró un Cuestionario que mide el uso e integración académica de TIC en los y las estudiantes, cuya validación de constructo, fue realizada a través de la revisión de otros instrumentos usados en investigaciones internacionales (BECTA, 2008b; CEPAL, 2005). Consta de 17 preguntas (respuestas de alternativa simple y múltiple) incluyendo cuatro escalas de tipo Likert. Se determinó la confiabilidad de las escalas mediante el coeficiente Alfa de Cronbach cuyos valores fueron: 0,84; 0,85; 0,75; y 0,87. Además, se realizó un estudio piloto con 45 estudiantes de características similares a la muestra lo que permitió corregir las preguntas y estimar el tiempo de respuesta.

Durante el segundo semestre del año 2009, el cuestionario fue distribuido a 523 jóvenes que constituyen la muestra total de la investigación, diferenciados en dos grupos: 335 mujeres y 188 varones, distribuidos en las cohortes 2005, 2006, 2007, 2008 y 2009 de las ocho carreras de Pedagogía que se dictaban en esa fecha en la Universidad del Bío-Bío.

Para analizar estadísticamente las diferencias de medias entre los grupos, considerando que el nivel de medición de las variables es ordinal, se seleccionó la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney. Los cálculos fueron procesados en el software estadístico SPSS en su versión 13.

## **3. RESULTADOS**

A continuación, se presenta un resumen de los resultados obtenidos al determinar el nivel o frecuencia de uso de tecnología para el desarrollo de trabajo

académico y comparar esos resultados entre los grupos estudiados de acuerdo con cada variable. Cabe destacar que una de ellas contempla más ítems de los aquí expuestos.

### 3.1 ACCESO A TECNOLOGÍA

En esta variable, las mujeres indican en un 84,8% que siempre y casi siempre acceden a recursos TIC en la Universidad, en tanto un 82,4% de los varones lo hace. En el ítem acceso a computador en casa, las mujeres indican tener acceso en un 78,2%, los hombres en un 73,4%; respecto del acceso a Internet desde sus casas 51,6 % de mujeres y 40,4% de varones indica acceder a conexión a Internet. Desde estos resultados, se establecen las diferencias estadísticas.

Tabla 1: Acceso a Tecnología

Ítem	Prueba U de Mann-Whitney	Sig. asintót. (bilateral)
Acceso a recurso TIC en la Universidad	29438,000	<b>0,145</b>
Acceso a computador en casa	19089,500	<b>0,627</b>
Acceso a Internet en casa	17924,000	<b>0,009</b>

Fuente: Los autores

Los resultados de la Tabla 1 permiten determinar la existencia de diferencias significativas en el ítem '*Acceso a Internet en el computador usado en casa*', ya que el valor de  $p = 0,009 < 0,05$ . En dicho ítem los valores más altos corresponden al grupo de mujeres. En los otros ítems  $p > 0,05$ , por tanto, no se establecen diferencias significativas.

### 3.2 USO DE RECURSO TECNOLÓGICO

En esta variable, 84,2% de las estudiantes y 73,9% de varones señala usar el Procesador de Textos siempre y casi siempre; 93,1% de mujeres y 86,7 de varones utiliza el Navegador web, siempre y casi siempre; 76,7% de mujeres y 69,1% de varones utiliza el correo electrónico, siempre y casi siempre; 13% de mujeres y 25% de varones utiliza Plantilla electrónica, siempre y casi siempre; finalmente 9% de

mujeres y 7,4% de varones usa software educativo siempre y casi siempre. A partir de esos resultados, se procede a establecer las diferencias estadísticas.

Tabla 2: Uso de Recurso Tecnológico

Ítem	Prueba U de Mann- Whitney	Sig. asintót. (bilateral)
Usa procesador de texto	28217,000	<b>0,004</b>
Usa navegador web	29148,000	<b>0,021</b>
Usa correo electrónico	30493,000	<b>0,060</b>
Usa plantilla electrónica	26476,000	<b>0,004</b>
Usa software educativo	30115,500	<b>0,686</b>

Fuente: Los autores

En la Tabla 2 se observa que para los ítems “*Uso de procesador de texto*”; ‘*Usa navegador web*’ y ‘*Usa Plantilla electrónica*’  $p < 0,05$ , aceptándose las diferencias entre los grupos, donde el valor más alto, en los dos primeros ítems, corresponde al grupo de mujeres y en el tercero el valor mayor es de los hombres. En el resto de los ítems  $p > 0,05$ , por tanto, no existen diferencias significativas.

### 3.3 USO DE PLATAFORMAS VIRTUALES

Respecto del Uso de Plataformas Virtuales, 90,1% de mujeres y 85,7% de varones señala usarlas siempre y casi siempre para descargar guías, apuntes y tareas; 84,5% de mujeres y 76,1% de varones las usa para revisar presentaciones de clases; 76,7% de mujeres y 71,2% de varones para revisar las notas de las asignaturas; 15% de mujeres y 14,9% de hombres las usa para contestar evaluaciones; y 19,2% de mujeres y 15,4% de varones para participar en foros temáticos. A continuación, se presentan las diferencias estadísticas de estos resultados.

Tabla 3: Uso de Plataforma Virtual

Ítem	Prueba U de Mann- Whitney	Sig. asintót. (bilateral)
Usa plataforma virtual para descargar guías, apuntes, tareas	26894,000	<b>0,039</b>

Usa plataforma virtual para bajar y revisar presentaciones de clases	26528,500	<b>0,047</b>
Usa plataforma virtual para revisar notas de las asignaturas	26060,500	<b>0,018</b>
Usa plataforma virtual para contestar certámenes o test	26374,500	<b>0,221</b>
Usa plataforma virtual para participar en foros temáticos	27508,000	<b>0,294</b>

Fuente: Los autores

La Tabla 3 muestra la existencia de diferencias significativas en los ítems ‘Usa Plataforma virtual para descargar guías, apuntes, tareas’, ‘Usa Plataforma virtual para bajar y revisar presentaciones de clases’ y ‘Usa Plataforma virtual para revisar notas de las asignaturas’, ya que el valor de p (0,039; 0,047 y 0,018, respectivamente) es < 0,05. En cada uno de estos ítems los valores más altos corresponden al grupo de mujeres. En el resto de los ítems  $p > 0,05$ , por tanto, no es posible establecer diferencias significativas.

### 3.4 ACTIVIDADES ACADÉMICAS CON TIC

Respecto de la variable Actividades académicas con TIC, 93,4% de las mujeres y 85,6% de los varones señalan que siempre y casi siempre buscan información relacionada con el ámbito educativo; 83,3% de mujeres y 72,3% de varones dicen que siempre y casi siempre crean y presentan trabajos con herramientas multimedia; 81,5% de mujeres y 77,1% de varones señalan siempre y casi siempre usan TIC para comunicarse con sus compañeros de curso; 56,4% de las mujeres y 44,7% de los varones dicen que siempre y casi siempre buscan y reservan textos en catálogo electrónico en la biblioteca; 24,4% de mujeres y 18,1% de varones señalan que siempre y casi siempre visitan blog creado por el profesor; 15% de mujeres y 25,5% de varones declaran que siempre y casi siempre aprenden a usar software especializado o educativo; y, finalmente, 18,5% de mujeres y 18,6% de varones dice que siempre y casi siempre contestan test o certámenes mediante el uso de TIC.

Tabla 4: Actividades académicas

Ítem	Prueba U de Mann-Whitney	Sig. asintót. (bilateral)
Buscar información	22879,500	<b>0,000</b>
Visitar blog creado por el profesor	30002,500	<b>0,356</b>
Comunicarse con compañeros de curso	28520,500	<b>0,038</b>
Contestar test/certámenes	28212,500	<b>0,036</b>
Aprender a usar software especializado o educativo	26318,000	<b>0,032</b>
Buscar y reservar textos en catálogo electrónico en la biblioteca	25747,000	<b>0,004</b>
Crear y presentar trabajos usando herramientas de producción multimedia	23424,000	<b>0,000</b>

Fuente: Los autores

En la Tabla 4 se aprecia que los valores de  $p$  (0,038; 0,036; 0,032; 0,004; y 0,000 respectivamente)  $< 0,05$ , por tanto, se acepta la existencia de diferencias significativas entre los grupos estudiados en los ítems '*Comunicarse con compañeros de curso*'; '*Contestar test/certámenes*'; '*Aprender a usar software especializado o educativo*'; '*Buscar y reservar textos en catálogo electrónico en la biblioteca*' y; '*Crear y presentar trabajos usando herramientas de producción multimedia*'. En ellos, solo en el ítem '*Aprender a usar software especializado o educativo*' los resultados más altos son alcanzados por los varones, en el resto, las mujeres superan los valores.

### 3.5 PERCEPCIÓN DE EXPERTICIA EN USO DE TIC

Al consultarles sobre su percepción de su experticia para usar académicamente las TIC, el grupo masculino se percibe en un 39,4% muy capaz de realizar actividades académicas con tecnología, en tanto el grupo femenino se percibe muy capaz en solo un 24,5%.

Tabla 5: Percepción de Experticia

Ítem	Prueba U de Mann-Whitney	Sig. asintót. (bilateral)
Experticia y seguridad en el uso de TIC	25312,000	<b>0,001</b>

Fuente: Los autores

De acuerdo a lo presentado en la Tabla 5, donde el valor de  $p(0,001) < 0,05$ , se asume que respecto de la variable '*Experticia y seguridad en el uso de TIC*' existe diferencias entre los grupos, correspondiendo, en este caso, que los valores más altos pertenecen al grupo de varones.

### 3.6 BARRERAS EN LA INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍA

Respecto de las Barreras que perciben los y las estudiantes para la integración de tecnología en sus estudios, se especifican 6 ítems de 12 que constituye toda la variable; 54,6% de mujeres y 56,4% de varones indica estar de acuerdo y muy de acuerdo con que faltan políticas en la Universidad sobre la integración de TIC; 42,4% de mujeres y 42% de varones señala estar de acuerdo y muy de acuerdo con que no existen suficientes recursos digitales para el aprendizaje.

Si bien, 43% de mujeres y 42% de varones indica estar de acuerdo y muy de acuerdo con que los estudiantes no cuentan con las habilidades pedagógicas para incorporar TIC, es importante destacar que 45,1% de mujeres y 45,8% de varones está en desacuerdo con el enunciado; así también ocurre con el ítem que señala que los docentes no cuentan con las competencias suficientes para el uso de TIC, donde 41,8% de mujeres y 36,8% de varones está de acuerdo y muy de acuerdo, pero 44,5% de mujeres y 45,2% de varones está en desacuerdo con la afirmación; también en el ítem respecto de la desactualización del equipamiento 29,3% de mujeres y 28,8% de varones están de acuerdo y muy de acuerdo con ello, en tanto 51,9% de mujeres y 47,4% de varones está en desacuerdo; en el ítem '*Los estudiantes no cuentan con las competencias suficientes para uso TIC*' 46,3% de mujeres y 41,5% de varones se encuentra de acuerdo y muy de acuerdo, mientras 45,4% de mujeres y 42% de varones no lo está.

Tabla 6: Barreras

Ítem	Prueba U de Mann-Whitney	Sig. asintót. (bilateral)
Faltan políticas en la universidad sobre integración de TIC	30214,500	<b>0,852</b>
El equipamiento con que se cuenta se encuentra desactualizado	30247,500	<b>0,776</b>
Los docentes no cuentan con las competencias suficientes para uso TIC	29023,000	<b>0,360</b>

Los estudiantes no cuentan con habilidades pedagógica	30066,500	<b>0,643</b>
Los estudiantes no cuentan con habilidades técnicas que se requieren para integrar TIC	30743,500	<b>0,723</b>

Fuente: Los autores

La tabla 6 muestra que en todos los resultados el valor de  $p > 0,05$ , por tanto, en la variable '*Barreras para incorporar uso de Tecnología*', no hay diferencias entre las apreciaciones de ambos grupos.

#### 4. CONCLUSIONES

A partir del Objetivo propuesto en este estudio "Comparar los resultados del uso académico de TIC entre los estudiantes de Pedagogía, desde una perspectiva de género", se han considerado las siguientes Conclusiones:

Las estudiantes de las carreras de Educación de la Universidad, presentan un nivel más alto de uso de tecnología en su labor académica que los varones, lo que ciertamente no implica que ellos no sean usuarios hábiles en el uso de TIC, sino más bien y siguiendo en ello los hallazgos de los estudios en Educación Secundaria, los estudiantes varones usan más tecnología para otros fines como la entretenimiento. Esta situación no deja de ser preocupante, pues el grupo de varones en estudio abarca cinco cohortes, donde, al parecer, los futuros profesores no están asumiendo el carácter pedagógico de las tecnologías, al no aplicarlas a sus estudios, lo que dificulta que las vayan a aplicar en sus prácticas docentes.

Por otra parte, el nivel de uso académico de TIC de las estudiantes si bien es mayor que el de los varones, presenta limitaciones, concentrándose en prácticas más bien básicas, como el de bajar y subir información, utilizando recursos que no requieren mayor experticia tecnológica. La pregunta que se hace evidente es ¿Por qué, pese a que las mujeres usan más tecnología desde un punto de vista académico, esos usos son restringidos? La literatura nos demuestra que en las mujeres pesan los estereotipos y prejuicios que se han transmitido de generación en generación, donde ellas no consideran que el ámbito tecnológico les sea propio, sino más bien un dominio de los hombres. Esto se puede ver claramente cuando al preguntarles por su percepción respecto de su experticia con TIC, ellas se sienten menos seguras que los

varones de sus capacidades tecnológicas. No basta, entonces, usar la tecnología, ese uso debe permitir trabajar con confianza y por ello generar mayores desarrollos, pues en CEPPE (2010) se ha indicado que puede generar un mayor impacto en el aprendizaje si el estudiantado trabaja estando más confiado en el uso que realiza.

Es necesario destacar que el uso diferenciado de TIC por parte del estudiantado podría influir en los aprendizajes y habilidades que desarrollen a lo largo de sus carreras, lo que, a su vez, podría afectar en cuán preparados y preparadas se sientan para integrar las tecnologías en su futura labor pedagógica. El hecho de que las estudiantes hagan un uso más intensivo de ciertas herramientas TIC para el desarrollo de actividades de tipo comunicativas, de creación, o de búsqueda de información, y no utilicen con mayor frecuencia otras herramientas que potencian el desarrollo de habilidades de mayor complejidad cognitiva tales como planillas electrónicas, bases de datos o software educativo, podría ampliar aún más la brecha cognitiva o de rendimiento académico entre ambos grupos de estudiantes.

Si consideramos que los profesores y las profesoras van transmitiendo sus prejuicios y concepciones a sus estudiantes, podemos augurar que la transmisión de los estereotipos que marcan actividades exclusivas a cada sexo se mantendrá en nuestra sociedad chilena y latinoamericana, por mucho tiempo. Por ello, es menester que la perspectiva de género sea un problema abordado de fondo por la formación inicial docente. Sin embargo, la literatura indica que el factor género y su impacto en la educación, debe considerarse en combinación con otros factores tales como el estatus socio-económico, la etnicidad, la identidad, la pedagogía, y la gestión en el aula, pues nuestras sociedades latinoamericanas adolecen de demasiadas brechas que hay que disminuir.

Finalmente, es necesario que este estudio sea abordado desde una visión cualitativa, que permita ir comprendiendo cómo las estudiantes vivencian desde sus propios discursos los estereotipos que se les han transmitido y cómo desde la Universidad pudieran estos estar reafirmandose.

## REFERENCIAS

ACKER, S. **Género y Educación. Reflexiones sociológicas sobre mujeres, enseñanza y feminismo**. Madrid, España: Narcea. 2000

ARAUJO, K., y MORENO. C. **Nudos Críticos para la Igualdad. Género y Educación Superior en Chile**. Documento de Trabajo N° 3 (septiembre) Programa de Estudios de Género y Sociedad, PROGENERO. Santiago de Chile: Universidad Academia de Humanismo Cristiano. 2005

BARRAGÁN, F. **Las masculinidades en la nueva Europa: de la homofobia a la ética del cuidado de las demás personas**. en [http:// www.berdingune.euskadi.net/u89-\(s/f\)](http://www.berdingune.euskadi.net/u89-(s/f))

BECTA. **How do boy and girl differ in their use of ICT**. U.K. 2008a

BECTA. **Survey of FE learners and e-learning GfK NOP Social Research**. 2008b

BERRÍOS, P. **Análisis sobre las profesoras universitarias: Desafíos para la profesión académica en Chile**. 2007. Sitio visitado en marzo 2010:  
<http://www.cnecl.cl/public/secciones/seccionpublicaciones/doc/56/csearticulo587.pdf>.

BENERÍA, L. **¿Patriarcado o Sistema Económico? Una discusión sobre dualismos metodológicos**. En AMORÓS, C. et al (editoras), *Mujeres: Ciencia y Práctica Política*. Madrid: Debate. 1987

BOOTH, T. y AINSCOW, M. **Índice de Inclusión**. Bristol, UK: UNESCO, C.S.I.E. 2004

CEPAL. **El progreso de América Latina y el Caribe hacia los Objetivos de Desarrollo del Milenio**. 2010. En <http://www.eclac.cl/cgi-bin/getprod.asp?xml=/publicaciones/xml/1/39991/P39991.xml&xsl=/MDG/tpl/p9f.xsl&base>

CEPAL. **Indicadores clave de las tecnologías de la información y de las comunicaciones Partnership para la medición de las TIC para el desarrollo**. Santiago de Chile: ONU. 2005

CEPPE. **Competencias TIC Siglo XXI: primeros resultados de un estudio en estudiantes chilenos**. Santiago de Chile: PUC. 2010

CUMBRE IBEROAMERICANA DE SAN SALVADOR. **Proyecto Adscrito Tics e Inclusión Social**. aprobado en la XVIII Cumbre Iberoamericana de Jefes de Estado y de Gobierno. San Salvador. 2008

DCSF. **The Gender Agenda Final Report**. June. U.K. 2009.

FLECHA, A. **Las hijas de las feministas. El feminismo del siglo XXI: ¿declive o democratización?** Revista de la Asociación de Sociología de la Educación (RASE 03/3). 2010. Pp 325-335

FRUTOS, L. **Identidad de género en las trayectorias académicas y profesionales de las mujeres**. Revista de la Asociación de Sociología de la Educación (RASE 03/3). 2010. Pp 336-356

GARCÍA, L. **La brecha cognitiva: una nueva dimensión de la brecha digital**. 2007. En <http://dcc.puc.cl/investigacion/tesis/resumen/la-brecha-cognitiva-nueva-dimension-de-la-brecha-digital>

GARCÍA, M. **La voz de las mujeres en la Universidad**. Revista de la Asociación de Sociología de la Educación (RASE 03/3). 2010. Pp. 357-368

GDI. **La Generación Interactiva en Iberoamérica**. Madrid, España: Fundación Telefónica. 2008

IGD. **Estudio Índice Generación Digital 2004-2008**. Santiago de Chile: VRT y otros 2010

LAGARDE, M. **Mujeres y la Educación Superior en México**. en NIETO, L. 2004. Actas II Congreso. en <http://www.audem.com/documentos/actas.pdf>

MINEDUC, .2010. ¿Qué dice PISA 2006 sobre impacto de las TICs en Chile? Santiago de Chile.

RIGA. **Déclaration ministérielle de Lettonie**. 2006

SÁNCHEZ, J. **Gender and ICT's in Chilean Education. World Conference on Education Multimedia**. Toronto, Canadá: Hypermedia & Telecommunications, ED-MEDIA. 2010

SÁNCHEZ, M. **Implicaciones de género en el uso y acceso de las TIC**. Santiago de Chile: CEPAL. 2009

SAN ROMÁN, S. **La feminización de la profesión. Identidad de género de las maestras**. Revista de la Asociación de Sociología de la Educación (RASE 03/3). 2010. Pp. 376-387

UNESCO. **Panorama educativo 2007: desafíos alcanzados y por alcanzar**. 2007. En <http://unesdoc.unesco.org>

UNESCO. **Foro mundial sobre Educación de Dakar**. 2000. En <http://unesdoc.unesco.org>

UNESCO. **Sobre Educación para todos**. 2008. En <http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001588/158893s.pdf>

VENEGAS, M. **La Igualdad de Género en la Escuela**. Revista de la Asociación de Sociología de la Educación (RASE 03/3). 2010. Pp.388-402

## CAPÍTULO 02

### NO FLUXO DA JORNADA: O FLOW COMO EXPERIÊNCIA DE IMERSÃO NO GAME OLD MAN'S JOURNEY

**Caio Túlio Olímpio Pereira da Costa**

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

E-mail: caiotuliocosta3@gmail.com

**Hindenburg Henrique Tamarana**

Coletivo Interdisciplinar de Pesquisa em Games – CIPEG

E-mail: henriquehht@gmail.com

**Sávyo Enrico Rodrigues Alves**

Coletivo Interdisciplinar de Pesquisa em Games – CIPEG

E-mail: savyo.alves@gmail.com

**Kennet Anderson da Cruz Medeiros**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

E-mail: kennet.anderson96@hotmail.com

**Resumo:** O presente trabalho aborda a teoria de flow, enquanto estado de consciência proposto por Csíkszentmihályi, na imersão substancializada no jogo digital Old Man's Journey. Através da realização de estudo de caso (YIN, 1984), o capítulo traz considerações sobre a agência e a projeção-identificação em narrativas dos jogos, para que em seu contexto sejam correlacionados em uma produção de conteúdo que é essencial para garantir uma experiência de mergulho em jogos eletrônicos.

**Palavras-chave:** *Flow*; Imersão; Agência; Fluxo; Old Man's Journey.

## 1. INTRODUÇÃO

Na contemporaneidade digital o termo imersão tem sido muito usado em diferentes contextos que permeiam os campos mercadológicos, sociais, psicológicos e morais. Contudo, contextualizar esse termo a partir de análise crítica e rigor científico acaba por se tornar uma responsabilidade acadêmica para compreendermos contextos sociais conectivistas da pós-modernidade. Murray (2003) traz essa ideia de imersão como um mergulho sensorial e cognitivo que nosso cerne desenvolve quando em contato com narrativas substancializadas no ciberespaço. Embora seja um fenômeno que ocorra em diversas instâncias e independentemente de aparatos e artefatos, no capítulo nos centramos apenas em seu contexto na cibercultura.

Massarolo e Mesquita (2014), por outro lado, trazem uma série de conceituações e proposições como graus de imersão que procuram ilustrar como esse fenômeno ocorre e se substancializa no consumo de produtos ficcionais digitais, abordando pensamentos mais técnicos ou psicológicos sobre o tema, que em suma se complementam, não se excluindo entre si. Ao entendermos tais conceitos, podemos tomar imersão como a experiência de participar e modificar uma realidade exterior a nós, construindo significados a partir de nossas próprias experiências e abstrações (MASSAROLO; MESQUITA, 2014). Por possibilitar uma imensa gama de cenários, situações, sentimentos e sensações, a imersão em realidades ficcionais digitais atrai sujeitos despertando um prazer real ligado a um plano virtual, imaginário e modificável.

Nesse contexto, os *games*, como mídias contemporâneas e interfaces comunicacionais, não estão alheios a esse processo de mergulho e transporte do usuário e consumidor para realidades primorosamente simuladas. E, ainda, para Jobim e Souza e Gamba Jr. (2012), as tecnologias detêm a capacidade de posicionar o homem em situação de fascínio e risco, por isso necessitam ser analisados sob perspectiva crítica. Nesse âmbito, essas relações de fascínio podem ser fomentadas no contato com o mergulho, a partir da experiência de vivenciar ou jogar, em uma possível conexão, por vezes intimista, com os universos simulados que são palcos para o processo de imersão.

Considerando essa imersão, portanto, busca-se com esse capítulo identificar os possíveis gatilhos que permitem esse fenômeno utilizando o jogo de aponte e clique

independente *Old Man's Journey*, de 2017, como estudo de caso. Consequentemente, é apresentada a teoria de *flow* de Mihaly Csíkszentmihályi (1975), identificando suas ramificações possíveis no espectro dos *games* e suas relações com as conceituações de agência, buscando retirar da subjetividade as razões de uma possível conexão do usuário com o jogo e como essa transformação de sensações pode reverberar no cotidiano do jogador através de formulações de juízos e mobilizações afetivas.

Os *games* são partes indissociáveis de nossa cultura contemporânea. São uma forma legítima de expressão e representação cultural, o que Huizinga (2014) atesta ao afirmar que somos antes de tudo *Homo Ludens*. Os resultados da Pesquisa Game Brasil 2021, enquanto censo demográfico e cultural no jogador brasileiro, atestou que 72% dos brasileiros joga algum jogo, independentemente da plataforma (SIOUX; BLEND; ESPM, 2021). Além dessa relevância social, detém também relevância mercadológica, como uma indústria cultural rentável relevante, que garante ao Brasil o segundo lugar na América Latina e décimo terceiro do mundo como consumidor desse campo (NEWZOO, 2017), o que também evidencia a necessidade de trazeremos proporcionalidade a sua contextualização acadêmica.

Para esse percurso, apoiamo-nos na metodologia de estudo de caso, que para Yin (1984) se configura como uma possibilidade de investigação empírica que considera um fenômeno em seu ambiente primário, utilizando fontes de evidência distintas para que se conheça e se identifiquem conceitos de forma satisfatória. Para desvendar o “como” e o “porquê”, portanto, é adequada. Nesse sentido, é empregada também como ferramental analítico a metodologia de pesquisa antropológica observação participante, onde o autor, ao experimentar e estabelecer contato íntimo com o objeto do corpus de pesquisa cria uma relação multilateral qualitativa capaz de registrar um quadro mais expressivo sobre a experiência de imersão nos jogos eletrônicos.

Baseado nisso, é desejado com o capítulo exercer reflexão crítica quanto à temática, de forma ensaística, para que se construa uma espécie de apresentação dos conceitos utilizados como pilares teóricos, tornando-os familiares para a identificação em diferentes mídias contemporâneas, em especial nos *games*. Portanto, há intento de fazer com que essas reflexões contribuam para a fortuna crítica que versa sobre a temática. O jogo digital, enquanto tecnologia da informação e comunicação, se apresenta e é considerado como um objeto multidisciplinar, fruto da

pós-modernidade, portanto, requer um olhar que beba de diferentes epistemes e fontes conceituais, para que seja possível tratar seu dinamismo de forma satisfatória.

Entretanto, assim como a imersão não é uma certeza e constante engessada em todos os seus casos, considera-se aqui apenas a possibilidade desse fenômeno se materializar, assim como não é intento do capítulo esgotar todas as formas que esse mergulho pode se substancializar.

## 2. A TEORIA DO FLOW: UM PANORAMA GERAL

Mihaly Csíkszentmihályi (1975), psicólogo e pesquisador sobre a sensação de prazer ligada a uma atividade, chegou à conclusão que o processo de imersão também pode ser entendido como *flow*. Este, é uma espécie de estado de consciência relacionado a uma atividade executada com confiança e concentração.

Engajamento, satisfação e bem-estar são sensações descritas pelas pessoas em momentos de maior felicidade. Isso pode ocorrer em qualquer situação diária, desde aquelas ligadas ao trabalho, às atividades físicas, rituais religiosos, canto ou dança, da mesma forma quando se está envolvido com a leitura de um livro ou presenciando uma performance. São as atividades que mesmo diante das dificuldades e dores encontradas para realizá-las, são capazes de despertar a excitação de descobrir algo novo sobre si mesmo ou sobre as possibilidades de ação no ambiente (MASSAROLO; MESQUITA, 2014, p. 50).

Nesse sentido, elencamos alguns passos - que veremos a seguir – que permitem a sensação de prazer nessas atividades imersivas (CSÍKSZENTMIHÁLYI, 1975), passos estes que podem ser percebidos em muitos jogos eletrônicos.

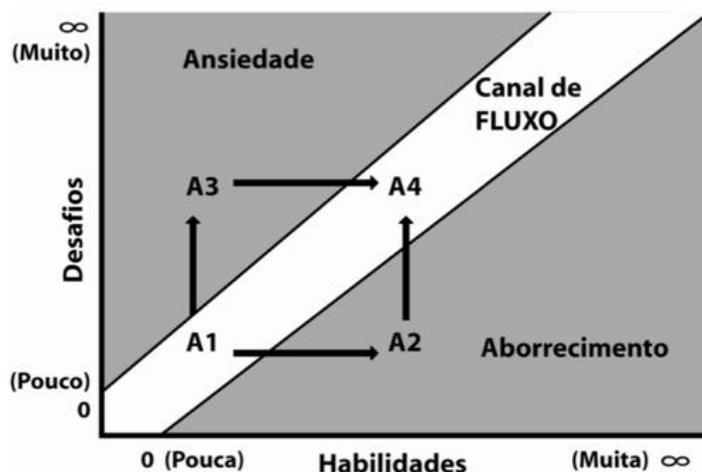
São eles: 1) objetivos claros, a partir de metas determinadas no jogo. Esse caso específico faz com que se tenha atenção sob os propósitos do jogo, pensando nas possibilidades e formas de atingi-los, o que pode aumentar a concentração; 2) *feedback*, a partir da visualização dos resultados alcançados durante o progresso. Nesse âmbito, os jogos tendem sempre a dar confirmações de que as ações do jogador estão sendo satisfatórias ou não. Através de pontuações, desencadeamentos de arcos narrativos, progresso na história, etc.; 3) engajamento, considerando o foco na necessidade achar a maneira correta de caminhar até os objetivos. Há, muitas vezes, um evento de perda da sensação de autoconsciência nesse momento, que faz por exemplo um jogador dizer “morri” quando perde uma partida. Afinal, segundo Santaella (2004), o jogo se constitui de um mundo possível que tem o jogador como

inseparável, o que contribui para a criação de um mapa mental de navegação que se forma para o auxílio do jogador; 4) desafio, onde se encontram os diferentes obstáculos ao longo do jogo e é necessário um certo nível de habilidade; 5) significado, quando vemos que nossas ações desencadeiam e valoram algo importante para a compreensão do jogo; 6) perda de consciência, no que diz respeito por exemplo à sensação de desenvolvimento da história, de que aquele momento faz parte de algo maior; 7) sensação de controle, quando movemos, modificamos ou interagimos com o mundo primorosamente simulado; 8) alteração de tempo, relacionada à duração do jogo (quando o jogo parece curto, o tempo parece passar mais rápido ao jogar) e 9) experiência autotélica, quando percebemos que nossas ações tem uma finalidade e propósito. A experiência de *flow* tem ainda um ciclo dividido entre desafio x habilidade e tédio x ansiedade, no qual segundo Csíkszentmihályi (1990) as narrativas se desenvolvem.

Por narrativas, nesse contexto, compreendemos o mesmo sentido dado por Ryan (2001) ao atestar o que as narrativas dos jogos digitais necessitam serem consideradas verossímeis pelo jogador a ponto de facilitar o processo imersivo. É preciso, portanto, que quatro pontos distintos sejam atingidos para que se tenha uma narrativa potencialmente imersiva, onde 1) a narrativa detém um universo próprio, com tempo e espaço definidos; 2) é habitada por personagens; 3) os personagens, enquanto elementos intrínsecos à narrativa, participam dos eventos desse universo transformando-o e performando uma retroalimentação entre organismo e ambiente (personagem e narrativas); e 4) precisa ser logicamente coerente no que propõe, com temáticas consolidadas.

Diante do exposto, a experiência e envolvimento do *flow* deve ser equilibrado, impreterivelmente, entre “forças que dificultam a ação e as habilidades do sujeito. Se o desafio exigir muito das habilidades, o sujeito se sentirá ansioso, caso contrário, a sensação será de apatia” (MASSAROLO; MESQUITA, 2014, p. 51). Há, ainda, uma representação gráfica da experiência *flow*, como na figura a seguir:

Figura 1: Canal *Flow* A1 (objetivos claros); A2 (*feedback*); A3 (engajamento) e A4 (desafio)



Fonte: Massarolo e Mesquita (2014)

Permeando entre os campos de Ansiedade e Aborrecimento, que o jogo proporciona ao jogador, na figura acima podemos observar os quatro primeiros pontos propostos por Csikszentmihályi (1990), como parte do processo de *flow*, o que permite a compreensão de semelhanças diretas com um design de jogo, descrito por Massarolo e Mesquita (2014) como balanceamento de dificuldade e recompensas e penalidades, de acordo com as habilidades do jogador.

Araújo (2008), complementando os apurados de Csikszentmihályi (1990) e Massarollo e Mesquita (2014), afirma que:

O indivíduo que se encontra no estado de fluxo, ou seja, numa situação de equilíbrio entre os desafios e habilidades, tem sua energia psíquica totalmente focalizada e concentrada na atividade executada. Neste sentido, não há espaço na consciência para sentimentos externos ao foco da atividade ou para pensamentos diversos. Nesse contexto de perfeita harmonia entre energia física e psíquica, a noção de tempo torna-se alterada, de forma que o indivíduo passa a não ter uma percepção real do tempo ("horas tornam-se minutos") (ARAÚJO, 2008, p. 43).

Consequentemente, levando a discussão para o próximo conceito a ser contextualizado, têm-se a inserção da noção de agência. A passagem do jogador por diferentes terrenos e paisagens em um jogo, que podem ser explorados, comumente detém a possibilidade de mudar o cenário, interagir com os objetos presentes e perceber que eles respondem a nossa interação. Isso ancora o processo imersivo, através da agência.

Gomes (2003) define esse agenciamento como a chave para a compreensão do jogo eletrônico como forma narrativa. A tomada de ações dramáticas faz o interator

[jogador] imergir na história com um potencial que é inaugurado pelo jogo eletrônico. Apesar de Murray (2003) perceber a agência como uma instância completamente independente do processo de imersão, Gomes (2003), por outro lado, concebe os dois fenômenos como intrínsecos, considerando o agenciamento como um tipo de imersão que ocorre através da participação. Esse agenciamento, dialogando com os propostos anteriores remete à ideia de projeção-identificação (MORIN, 1980), pois, a agência permite que o indivíduo assuma atuações dramáticas do personagem, possibilitando, conseqüentemente, entrar no jogo e se tornar parte do universo proposto. Atravessamos, nesse sentido, uma simbiose das vidas imaginárias facilitadas pela imersão no videogame.

Por fim, pode ser compreendido como agência uma espécie de livre-arbítrio que o jogador, quando imerso em uma realidade ficcional, pode exercer, desde que esteja dentro do que é pré-estabelecido por regras e mecânicas estruturais do jogo.

### **3. OLD MAN'S JOURNEY**

O *game* independente do gênero aponte e clique Old Man's Journey foi desenvolvido em 2017 pelo estúdio austríaco Broken Rules. Trazendo noções do estilo aventura, o jogo conta a história de um homem idoso que parte em uma viagem de autodescoberta.

A ideia de produzir Old Man's Journey veio após dois fracassos de mercado do estúdio (Chasing Aurora e And Yet It Moves). Por isso, durante a produção focaram em um jogo curto de 90 minutos, em que a experiência fosse mais importante do que o processo simplificado de jogar.

A produção do jogo contou com a plataforma Unity, que após um *pitch* apresentou a ideia para possíveis investidores. Old Man's Journey foi produzido por onze pessoas entre animadores, diretor de áudio e programadores que trabalharam em tempo integral. Em adição, o projeto contou com artistas visuais, designers gráficos e editores de vídeo que ajudaram a finalizar o projeto. O processo de produção durou de setembro de 2014 a novembro de 2017. Tudo do design do jogo foi baseado na ideia da palavra de origem inglesa '*wanderlust*', que significa: vontade ou desejo de viajar. A partir desse conceito, portanto, criou-se um personagem e um *background* que justificasse o desejo ou a vontade de viajar. A narrativa visual do jogo

digital ficou sob responsabilidade da empresa Salona Alpin, que possui sedes na Áustria e em Portugal. Propagandas, ilustrações e animações foram pensadas como a forma máxima de comunicação, visto que o jogo conta uma história sem apresentar diálogo algum.

Felix Bohatsch, o CEO da desenvolvedora, relatou na GDS – 2017, em Praga, que o público-alvo seria formado por pessoas de 25 a 40 anos que não tinha mais tempo de jogar jogos eletrônicos e que procuram experiências singulares que as tocassem emocionalmente. Com portabilidades para as plataformas Android, iOS, macOS e Windows em 2017, o título também alcançou as plataformas Nintendo Switch e Playstation 4 em 2018, conseqüentemente, o Xbox One em 2019.

Old Man's Journey traz uma narrativa tradicional, com começo, meio e fim, onde o jogador precisa trilhar um caminho de descobertas para chegar ao final. Os desafios são diversos e potencializados por sua jogabilidade, que funciona como um livro interativo pop-up, onde cada área nova explorada emerge como destaque, saltada no cenário.

No *game*, controlamos o idoso e o ambiente, substancializado em montanhas, ovelhas, portas das casas, janelas de hotéis, sinos de igreja etc. Nesse âmbito, caminhamos em uma sobreposição de ambientes para o objetivo do jogo, que é formado pelo desejo do reencontro. No início, o idoso recebe uma carta e imediatamente se arruma (coloca uma mochila nas costas) e sai para o que parece ser uma árdua missão para sua idade. Esse é o único pontapé inicial para a narrativa.

Figura 2: Memórias desencadeadas pelo idoso quando interage com certos objetos. No caso, um veículo passa por ele e traz a memória de uma viagem com sua companheira



Fonte: Old Man's Journey (2017)

Com pesar nos olhos, seu caminho é repleto de montanhas. Ora ele está subindo-as, ora ele as desce. Por alguns momentos ele sente a necessidade de parar, de acordo com o que está acontecendo no local. Seja um banco de praça, seja uma vista para o mar, essas ambiências desencadeiam memórias diversas no idoso, de sua juventude, a qual enquanto jogador não conhecemos e vamos descobrindo ao longo do jogo, em formato de janelas pop-up, imaginando e atribuindo sentido ao conteúdo da carta recebida, que nunca poderemos ler. Nessa instância, compreendemos, mesmo que brevemente, o pesar no rosto do personagem, relembando alguns acontecimentos da sua vida.

Vemos o relacionamento com sua esposa sendo construído, vemos suas viagens, vemos fotos dos filhos e vemos sua paixão pelo mar. Sentimentos e nostalgias que não nos pertencem, mas que por assumirmos o papel do idoso, através de uma projeção-identificação (MORIN, 1980), encontram caminhos de nos atingir, através da imersão (MURRAY, 2003) e do processo de *flow* (CSÍKSZENTMIHÁLY, 1990).

O velhinho detém uma mania constante de coçar a barba, e realiza essa ação por diversas vezes durante a sua viagem, que pelo autor é uma ação percebida como traço de humanidade. Além das montanhas destacam-se também várias cachoeiras e riachos onde o personagem trafega por muitos momentos do jogo. Campos de lavandas e ferrovias também tomam o espaço. A partir de cada memória, desencadeada através da interação com objetos que a remetem, nos é contada a história e o passado do idoso, nos deixando, enquanto jogadores, detentores de uma possível empatia.

Os cenários refletem as memórias que o personagem sente em sua jornada. O abandono da família, por exemplo, é substancializado através de tempestades que mudam o cenário. Enquanto o arrependimento é marcado pela calma da mesma ambiência. Por muitos momentos, o jogador pode ter dificuldade de saber lidar e controlar as montanhas, que se alteram de lugar a partir dos cliques do jogador para que o idoso possa seguir o seu trajeto. O *game*, em verdade, se formula através dessa mecânica: uma espécie de quebra-cabeça, onde arrastando as perspectivas do ambiente em pop-up é possível fazer o idoso prosseguir entre as camadas de cenário.

Figura 3: O idoso caminhando por planícies e montanhas, que podem se elevar e descer a partir do clique do jogador, para que se acessem outros cenários



Fonte: Old Man's Journey (2017)

Porém, por alguns momentos, além de andar a pé o idoso também anda de balão, barco, trem e caminhão. O personagem para em alguns locais para dormir, como num hotel e também debaixo de um moinho, onde faz uma fogueira para se aquecer. Depois de andar muito, ao longo do jogo no controle do jogador, o idoso consegue enfim nos mostrar sentido à carta recebida.

Trazendo mais uma vez os apontamentos de Csíkszentmihályi (1975), percebemos os passos que permitem a sensação de prazer nas atividades imersivas como: 1) Objetivos claros: Sabemos que o idoso tem de chegar em algum lugar, embora não saibamos a princípio onde, assim como o porquê; 2) *Feedback*: é possível visualizar os resultados alcançados se pausarmos o jogo e percebemos em qual 'memória', em uma espécie de menu, estamos além de quantas faltam e quantas já experimentamos; 3) Engajamento: foco na atividade pois precisamos achar a maneira correta para o personagem caminhar até os objetivos; 4) Desafio: encontramos diferentes obstáculos ao longo do jogo, como por exemplo controlar ovelhas que bloqueiam uma passagem para um novo local, em formato de quebra-cabeça, para que o idoso possa prosseguir; 5) Significado: quando vemos, enquanto jogadores, que nossas ações desencadeiam e significam algo; 6) Perda de consciência: quando se instaura a sensação de desenvolvimento da história, de que aquele momento faz parte de algo maior; 7) Sensação de controle: quando o mapa mental que se forma em nossa cabeça ao controlarmos o idoso nos condiciona a exercer a agência diante das regras e mecânicas pré-estabelecidas; 8) Alteração de tempo: quando se percebe que o jogo é relativamente curto, mas sua proposta traz uma viagem temporal de passado,

presente e futuro de um personagem, que ressignifica a experiência de jogar; 9) experiência autotélica: quando há uma empatia e conexão, a partir de uma experiência sensível, de cuidado com o personagem, assim como preocupação e curiosidade gerada pela narrativa.

Old Man's Journey se utiliza muito de efeitos sonoros e visuais, cumprindo a proposta de ser um jogo simples, acessível e que muitos possam jogar. Essa é a maneira que a desenvolvedora encontrou de contar uma história interativa que pudesse apelar para o lado emocional, possibilitando encontrar formas de imersão e transporte para a realidade primorosamente simulada em questão.

Na jornada que percorremos como idoso, as estruturas sensoriais são de grande valia para o processo imersivo. A narrativa é contextualizada através da paisagem, das memórias do personagem (as inserções de ilustrações) e dos efeitos sonoros e mudança de trilha que acompanham cada momento do protagonista, contidos em cada diferente fase/cenário do jogo. Essas “memórias” funcionam muito bem como gatilhos imersivos, uma vez que nos transportam para dentro da história como trampolins imaginários. São, ainda, simples e até mesmo clichês (romance, família, sonhos, mar). O jogo retorna sempre para esses elementos percebidos pelo autor ao decorrer da história, resgatando-os diversas vezes para reforçar e construir sua narrativa, além de emocionar e cativar os jogadores.

Além do sensorial, temos um lado sistêmico, provindo da adoção do sistema de regras do jogo. Nesse sentido, não apenas falamos sobre o equilíbrio entre habilidade x desafios como proposto pelo gráfico de Csíkszentmihályi (1975), entretanto, sobretudo sobre quando um sistema de regras é tomado como real naquele universo ficcional e as leis de funcionamento do mundo que conhecemos passam a não contar para o desenvolvimento da história. Em Old Man's Journey essa adoção sistêmica é o acordo entre o jogo digital e o jogador ao estipular que o fato de ter o idoso pulando de montanha a montanha como se elas estivessem alinhadas no horizonte, em duas dimensões, é o real. Há um exercício imperceptível e constante de encenação de crença. Mesmo com essas possibilidades tomamos o universo do jogo como coerente e verossímil.

Há também um possível transporte através envolvimento com a história, a formulação de hipóteses e empatia com o personagem. É o uso da imaginação de cada um para ajudar no processo de imersão, compondo cenários, atribuindo

motivações, coletando pistas ou avaliando possibilidades. Quando, no início do jogo, recebemos uma carta e saímos em uma jornada, começamos a ver imagens ilustradas na tela. Não sabemos por que nem para onde iremos, se a jornada é longa ou é curta, mas podemos imaginar que seja extensa pela quantidade de diferentes cenários. Podemos tomar essas imagens como memórias ou desejos não concluídos, como a jornada sendo a busca tardia para fazê-las ou um desejo de consertar as coisas; vai de cada experiência individual.

Nosso saldo do vivido, nossas experiências e vivências pessoais ditam como atribuímos nossas próprias ideias de narrativas para um jogo digital, mesmo que este já detenha sua própria narrativa. Elementos como representatividade, projeção-identificação e assujeitamentos se fazem presentes nessa instância para estreitar os laços entre o virtual e o real, fazendo, inclusive, essas duas ambiências se retroalimentarem. O que o jogo digital aciona, provoca, atravessa e ressignifica em nossas subjetividades estabelece uma via de mão dupla para o que retornamos de nossas vidas para o próprio jogo. Assim, se criam mobilizações afetivas e formulações de juízos inéditos, que passam a compor nosso repertório imagético e imaginário.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A imersão na história de *Old Man's Journey* está ligada intrinsecamente aos seus elementos de narrativa que são visuais e sonoros, mas certamente, sua mecânica simples e rápida - por deixar o jogador livre para se concentrar em outros aspectos - contribui positivamente para esse fator. Ao iniciarmos a jornada tomamos esse mundo de traços e cores simples e bonitos como real, onde o idoso sobe ou desce morros atrás de um objetivo que não é claro, mas que se desenvolve durante a jornada. Se passarmos por cachoeiras há o receio de que ele se machuque ao cair, se passarmos por abismos há o receio que ele ande muito perto da borda e escorregue, mas quando passeamos de barco sabemos que isso lhe é familiar e não nos preocupamos, por sua paixão pelo mar.

Nesse contexto, a imersão, em conjunto da teoria de *flow*, se mostra como formuladora de juízos, estabelecendo a possibilidade de uma empatia que afeta diretamente nosso sistema sensorial, proporcionando uma viagem a um universo primorosamente simulado.

Old Man's Journey cativa e emociona quem joga principalmente pela sua história contada de maneira simples e artística, se apoiando em clichês para a melhor compreensão do público. Esse conjunto de aspectos sutis e bem ilustrados proporcionam uma empatia rápida com o personagem e a história, ainda que haja uma desconfiança sobre qual o sentido de tudo, sobre o porquê da importância da jornada. O jogo apresenta todos os aspectos possíveis para uma prazerosa e satisfatória imersão, mas como vimos, apenas pode acontecer a depender do jogador, suas experiências, gostos, disposição, aceitação de encenação de crença e empatia com o personagem e a narrativa.

A partir do presente artigo estabelecemos as potencialidades de mergulho ocasionadas por um jogo digital específico, onde, embora não sejam as únicas, evidenciam o dinamismo de uma interface comunicacional da contemporaneidade, que dialoga com o íntimo do jogador.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, R. Experiência de fluxo na prática e aprendizagem musical. **Música em Perspectiva**, vol.1, n.2, 2008.
- CSÍKSZENTMIHÁLY, M. **Beyond Boredom and Anxiety**: Experiencing Flow in Work and Play. Jossey-Bass, 1975.
- CSÍKSZENTMIHÁLY, M. **Flow**: The psychology of optimal experience. HarperPerennial, 1990.
- GOMES, R. **Imersão e participação**: mecanismos narrativos nos jogos eletrônicos. Dissertação – PUC-SP, 2003.
- HUIZINGA, J. **Homo Ludens**: O jogo como elemento da cultura. São Paulo, Perspectiva, 2014.
- JOBIM E SOUZA, S.; GAMBA JR., N. Novos suportes, antigos temores: tecnologia e confronto de gerações nas práticas de leitura e escrita. **Revista Brasileira de Educação**, vol. 21, 2012.
- MASSAROLO, J.; MESQUISTA, D. Imersão em Realidades Ficcionalis. **Revista Contracampo**, vol. 29, n. 1, 2014.
- MORIN, E. **O Cinema ou o Homem Imaginário**. Lisboa: Moraes Editora, 1980.
- MURRAY, J. **Hamlet no Holodeck**: O futuro da narrativa no ciberespaço. São Paulo: Itaú Cultural: Unesp, 2003.
- NEWZOO. **Global Games Market Report**: An Overview of Trends & Insights. 2017.
- RYAN, M. **Narrative as Virtual Reality**: Immersion and Interactivity in Literature and Electronic Media. Baltimore, Editora Parallax, 2001.
- SANTAELLA, L. **Games e Comunidades virtuais**. Catálogo da exposição hiPer>relações eletro//digitais. Porto Alegre: Instituto Sergio Motta, Santander Cultural, 2004.
- SIOUX; BLEND; ESPM. **Pesquisa Game Brasil 2021**, 2021.
- YIN, R. **Estudo de Caso**: Planejamento e Métodos. Porto Alegre, Bookman, 1984.

## CAPÍTULO 03

### BRINCANDO NO MUNDO DA LEITURA: O USO DE ATIVIDADES LÚDICAS QUE INCENTIVEM A LEITURA NA UNIDADE ESCOLAR JOAQUIM PARENTE EM NOM JESUS, PIAUÍ

**Sandra Ribeiro da Silva**

Universidade Federal do Piauí - UFPI  
E-mail: sandra21.rsilva@gmail.com

**Jaciara Soares Aragão**

Universidade Federal do Piauí - UFPI  
E-mail: jaciarasoaes.ufpi@gmail.com

**Luciana Barboza Silva**

Universidade Federal do Piauí - UFPI  
E-mail: lubarbosabio@hotmail.com

**Gisele do Lago Santana**

Universidade Federal do Piauí - UFPI  
E-mail: biogiselesantana@gmail.com

**Fabíola Franco Torres da Silva**

Universidade Federal do Piauí - UFPI  
E-mail: fabiolafrancotorres@hotmail.com

**Cícero das Chagas Soares Aragão**

Universidade Federal do Piauí - UFPI  
E-mail: cicerosoaes@ufpi.edu.br

**Resumo:** Objetivando-se incentivar o interesse pela leitura, realizou-se este trabalho na Unidade Escolar Joaquim Parente, localizada na cidade de Bom Jesus, no estado do Piauí. O trabalho foi realizado com 17 alunos do 6º ano do ensino fundamental, das turmas A e B, com idades entre 11 a 14 anos. Foram desenvolvidas quatro atividades, sendo elas: “cantinho da leitura”, “compartilhando a leitura”, “cantando a música leitura de Xuxa Meneguel” e “confecção de livro com poesias”. Na primeira atividade observou-se que a maioria dos alunos possuía uma boa leitura, porém três alunos tiveram dificuldade de ler e interpretar, já na segunda atividade notou-se que à maioria dos alunos gostavam de ler junto com os colegas, porém, uma aluna não conseguia ler, na terceira atividade todos se descontraíram e participaram, por fim na quarta atividade houve também a participação de todos os alunos. Através dos resultados se conclui a importância da leitura e a necessidade de incentivá-la principalmente no ambiente escolar.

**Palavras-chave:** Leitura; Ensino Fundamental; Aprendizagem.

**Abstract:** aiming to encourage interest in reading, this work was carried out at the Joaquim Parente School Unit, located in the city of Bom Jesus, in the state of Piauí. The work was carried out with 17 students from the 6th year of elementary school, from classes A and B, aged between 11 and 14 years. Four activities were

developed, namely: “reading corner”, “sharing the reading”, “singing the reading music of Xuxa Meneguel” and “making a book with poetry”. In the first activity, it was observed that most students had good reading, but three students had difficulty reading and interpreting, while in the second activity it was noted that most students liked to read with their peers, but one student could not read, in the third activity everyone relaxed and participated, finally in the fourth activity there was also the participation of all students. The results show the importance of reading and the need to encourage it mainly in the school environment.

**Keywords:** Reading; Elementary School; Learning.

## 1. INTRODUÇÃO

A leitura é um processo de interação entre o leitor e o texto (SILVA, 2004; SOLÉ, 1998), no qual o conhecimento prévio do leitor exercer enorme influência (BRAGA & SILVESTRE, 2002). Ler é uma habilidade que possibilita ao indivíduo decodificar, compreender e criticar uma informação escrita, fazendo uso dos conhecimentos e informações adquiridas anteriormente (HARRIS; HODGES, 1995; RUPLEY; WILSON, 1997).

A leitura pode ser conceituada como sendo um processo de compreensão de expressões formais e simbólicas que se dá a conhecer através de várias linguagens (MARTINS 2006). Assim, espera-se que o leitor seja sujeito de sua leitura, competente para autodirigir a compreensão relativa a diversos tipos de textos (KOPKE, 2001; PILGREEN, 2006). Baseando-se nisso, Coelho (1991) reforça dizendo que a leitura é condição básica do ser humano no sentido de compreensão do mundo.

Ler é uma atividade muito complicada e a leitura não é somente a realização da finalidade da escrita, não podendo, por isso, ser aprendida de forma automatizada (CAGLIARI, 2004; CHAMBERS, 2007). Neste contexto, Colomer e Camps (2002) defendem também a ideia de que a leitura é mais do que um ato mecânico de decifrar signos gráficos, mas consiste em um ato de raciocínio, uma vez que se trata de saber orientar uma série de raciocínios no sentido da construção de uma interpretação da mensagem escrita a partir da informação proporcionada pelo texto e pelos conhecimentos do leitor.

Se tratando da prática da leitura, Almeida e Cols (2006) argumentam que nas mediações escolares o ensino deve incluir a leitura de forma que proporcione a reflexão sobre as condições desta, isto é, o que ler e como ler. Segundo Martins e Sá (2008), a formação de leitores requer que a escola, juntamente com todos os envolvidos no processo escolar, desenvolvam atitudes que estimulem o pensamento, a criticidade, que enfrentem os desafios através da utilização de objetos de leitura ricos e diversificados com uma postura de diálogo e de cooperação (MARTINS E SÁ 2008).

A leitura é uma prática importante que possibilita às pessoas um maior conhecimento, além de proporcionar uma visão mais crítica sobre tudo que o cerca.

Mediante a isso, o presente estudo teve como objetivo incentivar e estimular o prazer e o interesse de alunos pela prática da leitura por meio de metodologias didáticas.

## 2. METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado na Unidade Escolar Joaquim Parente, localizada na cidade de Bom Jesus, Piauí. O trabalho foi realizado no ano de 2019, com 17 alunos do 6º ano do ensino fundamental, das turmas A e B, de idades entre 11 e 14 anos.

Para a realização do trabalho, desenvolveu-se quatro atividades, sendo elas:

- **“Cantinho da leitura”** em que os alunos sentados em suas carteiras faziam leituras em voz baixa individualmente.

- Na segunda atividade intitulada **“compartilhando a leitura”**, os alunos eram dispostos em círculos, selecionavam uma história e efetuavam a leitura em voz alta para todos os colegas.

- Na terceira atividade intitulada **“cantando a música leitura de Xuxa Meneguel”**, os alunos ficavam em círculos e cantavam juntos.

- Na atividade **“confecção de livro com poesias”** os alunos recortavam imagens de poesias presentes em jornais e revistas e colavam em um livro criado e decorado por eles.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a primeira atividade, observou-se que a maioria dos alunos possuíam uma boa leitura, no entanto três alunos tiveram dificuldade de ler e interpretar, tendo as vezes necessidade de soletrarem (Figura 1).

Figura 1: Imagem referente à atividade cantinho da leitura



Fonte: Sandra, 2019

Um ambiente de leitura favorece a explicitação dos problemas, o que facilita a busca de soluções para os mesmos (GONÇALVES, 2004). Dados do IDEB indicam que as práticas de leitura ainda estão se desenvolvendo vagarosamente, necessitando que a escola desenvolva nos alunos suas habilidades na leitura (DESIDÉRIO et al., 2016).

Na segunda atividade, observou-se que a maioria dos alunos gostava de ler junto com os colegas. Verificamos que uma aluna não conseguia ler e isso fazia com que os alunos sorrissem dela, porém com o decorrer da atividade a mesma conseguiu se desenvolver. Uma aluna se negou a ler justificando que tinha vergonha (Figura 2).

Figura 2: Momento com os alunos na atividade compartilhando a leitura



Fonte: Sandra, 2019

Na terceira atividade, todos se descontraíram e perceberam a importância da leitura através da música, demonstrando assim o quão vantajoso é a busca de estratégias diferenciadas que incentivem a leitura no meio educacional (Figura 3).

Figura 3: Imagem referente a terceira atividade cantando a música leitura de Xuxa Meneguel.



Fonte: Sandra, 2019

Tendo em vista que incentivar a leitura de textos literários é um dos maiores desafios enfrentados pelo professor, torna-se necessário demonstrar na sala de aula o diálogo que ocorre entre a literatura e as mídias tecnológicas, as quais proporcionam o prazer e o interesse pela leitura (BATISTA, 2009).

Na quarta atividade, verificamos que houve interesse e participação dos alunos, na qual todos se envolveram na confecção do livro e se empenharam em decorá-lo e cuidar dele.

Figura 4: Momento da confecção do livro com poesias pelos alunos



Fonte: Sandra, 2019

#### 4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, pode-se considerar que a leitura é de suma importância na vida dos alunos para que possam adquirir maior conhecimento e desenvolvam uma visão mais crítica do que está ao seu redor.

Considera-se que o uso de estratégias em sala de aula pode facilitar e incentivar a prática da leitura, fazendo com que o aluno desenvolva suas habilidades. Neste contexto, é necessário que outras pesquisas como esta sejam realizadas com

outros alunos, para que assim percebam a relevância da leitura e sejam motivados a praticá-la.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. J. P. M.; SOUZA, S. C.; SILVA, H. C. Perguntas, respostas e comentários dos estudantes como estratégia na produção de sentidos em sala de aula. In: NARDI, R.; ALMEIDA, M. J. P. M. **Analogias, leituras e modelos no ensino da Ciência**. São Paulo: Escrituras, 2006. p. 61-75.
- BATISTA, P. R. **Leitura literária na escola em meio às mídias tecnológicas: reflexões e estratégias**. Trabalho apresentado como requisito parcial para avaliação na Unidade Temática de Aprofundamento (UTA) Textualidade, Cultura e Tecnologia, Bélem, 2009.
- BRAGA, R. M.; SILVESTRE, M. F. B. **Construindo o leitor competente: atividades de leitura interativa para a sala de aula**. São Paulo: Petrópolis, 2002.
- CAGLIARI, C. L. **Alfabetização e linguística**. São Paulo: Scipione, 2004.
- COELHO, N. N. **Literatura infantil: teoria, análise, didática**. São Paulo: Ática, 1991.
- COLOMER, T.; CAMPS, A. **Ensinar a ler, ensinar a compreender**. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- DESIDÉRIO, M. R. V. N. et al. Dificuldade na leitura: a superação desse problema ainda no Ensino Fundamental. **Revista Graduando**, Feira de Santana, v. 7, n. 10, p. 13-33, 2016.
- GONÇALVES, L. M. **Do Ledor ao Leitor: Um estudo de caso sobre as insuficiências na utilização do jornal em sala de aula no ensino de Língua Portuguesa**. Tese de Doutorado, defendida na Universidade Federal do Rio Grande do Sul/ UFRGS, Porto Alegre, setembro de 2004.
- KOPCKE, H. F. **Estratégias em compreensão da leitura: conhecimento e uso por professores de língua portuguesa**. Tese (Doutorado em Psicologia), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, São Paulo, 148 f., 2001.
- MARTINS, M. E. O.; SÁ, C. M. Ser leitor no século XXI- Importância da compreensão na leitura para o exercício pleno de uma cidadania responsável e activa. **Saber (e) Educar**, n. 13, p. 235-246, 2008.
- MARTINS, M. H. **O que é leitura**. São Paulo: Brasiliense, 2006.
- SILVA, V. R. Estratégias de leitura e compreensão leitora: contribuições para a prática de ensino em História. **História**, 23(1-2), 69-83, 2004.
- Solé, I. **Estratégias de leitura**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.

## CAPÍTULO 04

### FUNÇÕES DE BASE RADIAIS PARA SOLUÇÕES DE EDP

**Gilcélia Regiane de Souza**

Universidade Federal de São João Del Rei, Ouro Branco, Brasil

E-mail: gilcelia@ufsj.edu.br

**Resumo:** O estudo do presente trabalho se enquadra na área de Análise Numérica, com enfoque em técnicas modernas para aplicações que requerem a interpolação de dados provenientes de amostras não uniformes. Neste contexto, são populares esquemas de aproximação utilizando Funções de Base Radiais (RBF). Um aspecto fundamental em esquemas de aproximação por bases radiais é que a construção de uma malha não é necessária. Uma boa aplicação para a RBF é na solução de Equações Diferenciais Parciais.

**Palavras-chave:** Aproximação; Função Base Radial; Livre de Malha; Equações Diferenciais Parciais.

## 1. INTRODUÇÃO

Funções radiais são populares quando o problema trata de aplicações multidimensionais que requerem a interpolação de dados provenientes de amostras não uniformes. Uma função radial depende somente da distância a um dado centro, são infinitamente diferenciáveis (multiquadric, inverse multiquadric, Gaussiana) outras são suaves por partes (polinomial por partes, thin plate spline).

Um aspecto fundamental em um esquema de aproximação por bases radiais é que a construção de uma malha não é necessária. A única propriedade geométrica utilizada refere-se à distância entre dois pontos, o que é fácil de ser calculada, em qualquer dimensão. Sendo assim, aumentar a dimensão não implica em aumento da complexidade da implementação computacional.

Esquemas de aproximação por bases radiais têm sido adotados na solução numérica de equações diferenciais parciais. Um estudo sobre esse assunto encontra-se em (Larsson, 2003).

A motivação para a escolha de métodos do tipo meshless, baseados em funções radiais, pode ser tomada levando-se em conta alguns critérios básicos. De modo geral, se a geometria for de tal maneira que a construção de uma malha adequada seja complicada, então, certamente, um método baseado em funções radiais apresentará vantagens sobre outras formulações que dependam fortemente dos aspectos da malha.

Com relação a ordens de aproximação, se as soluções do problema forem suaves, então a taxa de convergência obtida com um método baseado em bases radiais infinitamente diferenciáveis pode ser comparável à dos métodos espectrais, com a vantagem de serem mais flexíveis quanto à geometria do domínio computacional e ao tratamento de condições de contorno. Já no caso de soluções pouco suaves, o uso de bases radiais suaves por partes conduz a ordens finitas de convergência, semelhantes ao caso de diferenças finitas ou elementos finitos.

Podemos dizer que o trabalho de Micchelli em (Micchelli, 1986) e a Conjectura de Powell em 1985 foram um dos impulsionantes para a teoria das RBF. Além destes, as descobertas do Grupo Cambridge durante os anos 1992 à 1997, deram suas valiosas contribuições para o avanço da Teoria. Hoje no meio acadêmico as RBF são comumente utilizadas, tendo grande destaque nas resoluções Numéricas das EDP's.

Recentemente, não podemos deixar de citar os trabalhos de M. Buhmann, E. Larsson e B. Fornberg.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para realizar este trabalho foi utilizada pesquisas bibliográficas através de livros, artigos científicos/acadêmicos.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O método numérico ideal para problemas EPD deve ser de alta ordem de exatidão, flexível com respeito à geometria, computacionalmente eficiente e fácil de implementar. Os métodos que são comumente utilizados normalmente cumprir um ou dois dos critérios, mas não todos. Métodos de diferenças finitas pode ser de alta ordem exata, mas exigem uma rede estruturada (ou uma coleção de redes estruturadas). Métodos Espectrais são ainda mais precisos, mas têm severas restrições à geometria. Métodos Elementos Finitos são altamente flexível, mas é difícil de atingir alta precisão.

Uma nova abordagem para a solução das EDP's é através de funções base radial (RBFs). Uma RBF depende apenas da distância de um ponto central  $x_j$  e é da forma

$$\phi(\|x - x_j\|) \quad (1)$$

Uma característica fundamental do método das RBF's é que ele não exige uma grade. As únicas propriedades geométricas que são usadas em uma aproximação RBF são as distâncias entre os pontos. Distâncias são fáceis de calcular, em quaisquer dimensões espaciais, de modo que trabalhar em dimensões superiores não aumentar a dificuldade. O método funciona com pontos espalhados por todo o domínio. E o interpolante (RBF) é uma combinação linear das RBF's centradas nos pontos dispersos

$$s(x) = \sum_{j=1}^N \lambda \phi(\|x - x_j\|) \quad (2)$$

O método é geral, ou seja, pode ser usado para solução de equações elípticas, parabólicas e hiperbólicas.

## EDP e o método de Kansa

As EDP descrevem diferentes tipos de fenômenos que requerem diferentes técnicas para sua solução, tanto analítica quanto numérica em geral, os fenômenos físicos, químicos ou biológicos podem ser modelados através de equações e derivadas parciais. E também que a resolução analítica de várias destas equações é extremamente difícil (ou quase impossível), nosso desejo é reduzir o problema para um problema numérico para resolver o mesmo.

Aqui estamos interessados em resolução numérica de Equações Diferenciais Parciais. Este tema é extremamente importante, pois possibilita resolver o problema mesmo que de maneira aproximada. Tais soluções são suficientemente boas aproximações para a solução do problema, ou seja, uma boa solução física dos problemas reais.

As equações são classificadas por tipos. Assim, equações elípticas descrevem os fenômenos de difusão estacionários, equações parabólicas descrevem os fenômenos de difusão de evolução e as equações hiperbólicas descrevem os fenômenos de transporte. Para cada tipo de equação existe uma classe de métodos numéricos que são mais adequados.

A resolução numérica de equações diferenciais pode depender de modo bastante intenso das condições de contorno. Consideramos as três condições de contorno usuais para equações diferenciais, a saber:

- **Condição de Dirichlet:** um valor específico da variável dependente é fornecido no contorno;

- **Condição Neuman:** um valor específico para a derivada da variável dependente (ou gradiente) é fornecido no contorno;

- **Condição de Cauchy ou Robin:** uma combinação linear dos dois primeiros tipos é fornecida no contorno.

Estamos interessados na solução numérica de uma PDE genérica não linear

da forma

$$\mathcal{L}u = f$$

sobre algum domínio  $\Omega \subset \mathbb{R}$  ( $\mathbb{R}$  simbolizando os reais). Mais precisamente, usaremos o método de colocação não simétrico com função de base radial - RBF, a saber a função multiquádrica. Uma apresentação geral das RBFs pode ser encontrada em [7]. O método de colocação não simétrico para resolver de PDEs foi desenvolvido por Kansa [2]. Abaixo um pequeno resumo do método.

Considere o problema de valor de contorno

$$\begin{aligned} Lu &= f && \text{em } \Omega \subset \mathbb{R}^d \\ Bu &= g, && \text{sobre } \partial\Omega \end{aligned}$$

Outras condições de contorno também podem ser adicionadas; por exemplo, é possível usar as condições Neumann em uma parte do contorno e as condições de Dirichlet na parte restante. A ideia é encontrar uma solução aproximada  $u^*$  no espaço de funções

$$S = \text{span}\{\phi(\|\cdot - x_j\|); x_j \in \chi\},$$

sendo  $\phi$  uma RBF de suporte global e  $\chi$  um conjunto de  $n$  nós ou pontos de colocação em  $\Omega$ , isto é,  $u^*$  é dado pela expansão

$$u^* = \sum_{j=1}^n \alpha_j \phi(\|x - x_j\|). \quad (3)$$

Os coeficientes  $\alpha_j$  são encontrados resolvendo o sistema de equações lineares  $A\alpha = b$ ,

$$A = \begin{bmatrix} L\Phi \\ B\Phi \end{bmatrix}, \quad \alpha = \begin{bmatrix} \alpha_I \\ \alpha_B \end{bmatrix}, \quad b = \begin{bmatrix} f \\ g \end{bmatrix}.$$

Se  $n_I$  denota o número de pontos de colocação no interior de  $\Omega$  e  $n_B$  o número desses pontos sobre o bordo, então  $L\Phi$  é uma matriz  $n_I \times n$  com entradas

$$L\Phi_{ij} = L\phi(\|x - x_j\|) |_{x=x_i},$$

$B\Phi$  é uma matriz com entradas

$$B\Phi_{ij} = B\phi(\|x - x_j\|) |_{x=x_i},$$

$\alpha_I$  e  $\alpha_B$  são os coeficientes (em (3)) correspondendo aos pontos de colocação do interior e do bordo respectivamente. Os pedaços  $f$  e  $g$  de  $b$  são obtidos analogamente pelo cálculo de  $f$  e  $g$  nos pontos de colocação.

#### **4. CONCLUSÃO**

Com tudo que foi dito, vemos que as RBF são boas ferramentas. Exploraremos as características da RBF para encontrar as soluções numéricas das EDP's. Além disso o método de Kansa mostra-se uma ferramenta bastante atraente para lidar com as EDP's juntamente com as RFB. Trabalhos futuros serão desenvolvidos afim de comprovar a eficiência do método de Kansa.

#### **AGRADECIMENTOS**

À UFSJ.

## REFERÊNCIAS

C. A. Micchelli, Interpolation of scattered data: distance matrices and conditionally positive definite functions, *Constr. Approx.*, Vol. 2, 1986, 11-22.

E. J. Kansa, Multiquadrics-A scattered data approximation scheme with applications to computational fluid dynamics - II: Solutions to parabolic, hyperbolic and elliptic partial differential equations, *Computers Math. Applic.* Vol. 19 (8/g), 1990, 147-161.

E. Larsson and B. Fornberg, A Numerical Study of Some Radial Basis Function Based Solution Methods for Elliptic PDEs, *Computers and Mathematics with Applications* 46 (2003) 891-902.

Hammerlin, G., Hoffmann, K., Schumaker L., *Numerical Mathematics*, New York: Springer-Verlag, 1991.

Meyer, C., *Matrix Analysis and Applied Linear Algebra*. Sian.

M.J.D. Powell, The theory of Radial Basis Function Approximation 1990, *Advance in Numerical Analysis*, Vol. 2, 1992, 105-210.

Thomas J. W., *Numerical Partial Differential Equations: Finite Difference Methods* São Paulo: Makron Books, 1996.

W.R. Madych and S.A. Nelson, Bounds on multivariate polynomials and multiquadric interpolation, *J. Approx. Theory* 70 (1), 94-114, (1992).

Zill D. G., *Equações Diferenciais*. São Paulo: Makron Books, 2000.

## CAPÍTULO 05

### LETRAMENTOS DIGITAIS E DESENVOLVIMENTO DO PROFISSIONAL DA ÁREA DE VESTUÁRIO

**Juliana Rangel de Moraes Pimentel**

Instituto Federal de Brasília – Campus Taguatinga

E-mail: juliana.pimentel@ifb.edu.br

**Raimundo Claudio da Silva Vasconcelos**

Instituto Federal de Brasília – Campus Taguatinga

E-mail: raimundo.vasconcelos@ifb.edu.br

**Veruska Ribeiro Machado**

Instituto Federal de Brasília – Campus Taguatinga

E-mail: veruska.machado@ifb.edu.br

**Resumo:** O crescente uso educativo de softwares no ensino em geral bem como o enfoque educacional de tecnologias digitais tem se mostrado positivo na sala de aula. Neste sentido, este artigo tem por objetivo relatar a experiência da adoção do software AMCAP que permite o desenvolvimento da competência cognitiva relacionada ao reconhecimento das estruturas têxteis no processo de ensino-aprendizagem dos estudantes no componente curricular Materiais Têxteis e Produtos, do Curso Técnico em Vestuário localizado na cidade satélite de Taguatinga, em Brasília. Como resultados, verificou-se que o uso das TDICs impactou positivamente para resolução de problemas por parte dos estudantes.

**Palavras-chave:** Aproximação; Função Base Radial; Livre de Malha; Equações Diferenciais Parciais.

**Abstract:** Increasing educational use of software in general education as well as an educational approach of digital technologies has been successful in the classroom. In this sense, this article aims to report on the experience of the adoption of AMCAP software that allows the development of cognitive competence related to the recognition of the textile structures in the teaching-learning process of the students in the curricular component Textiles and Products, in Technical Course in Clothing located in the satellite city of Taguatinga, in Brasilia. As results, it was verified that the use of TDICs had a positive impact, contributing to increase students' problem-solving.

**Keywords:** Aproximação; Função Base Radial; Livre de Malha; Equações Diferenciais Parciais.

## 1. INTRODUÇÃO

A sociedade experimenta avanços diuturnos do mundo digital, o que traz, ao mesmo tempo, possibilidades, mas também desafios cada vez mais complexos. Nesse sentido, competências diversificadas são requeridas das pessoas para que se insiram em um mundo que tem as tecnologias digitais como parte integrante.

Em consonância com esse contexto, a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) desenvolve um programa denominado Avaliação Internacional das Competências dos Adultos (PIAAC) voltado para avaliação e análise de habilidades para atuação em contextos diversos. Esse programa considera habilidades cognitivas e de trabalho necessárias para que os indivíduos participem da sociedade. Como competências cognitivas, o PIAAC considera leitura, escrita, aritmética e uso das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs). E, na avaliação direta que realiza, leva em conta a resolução de problemas em contexto de intensa tecnologia: capacidade de usar tecnologia para resolver problemas e realizar tarefas complexas.

Essas competências avaliadas pelo PIAAC ajudam-nos a refletir sobre o nosso papel na educação escolar nesse contexto atual, no qual, para Moran (2013), o mundo físico dialoga com o digital, “com suas atividades de pesquisa, lazer, de relacionamento e outros serviços e possibilidades e integração, que impactam profundamente a educação escolar e as formas de ensinar e aprender (...)” (p. 14).

Sendo assim, torna-se imperativo agregar aos currículos os letramentos digitais. Neste trabalho, o conceito de letramento digital será tomado em uma perspectiva ampliada, conforme apontado por Buzato

Letramentos digitais (LDs) são conjuntos de letramentos (práticas sociais) que se apóiam, entrelaçam e apropriam mútua e continuamente por meio de dispositivos digitais para finalidades específicas, tanto em contextos socioculturais geograficamente e temporalmente limitados, quanto naqueles construídos pela interação mediada eletronicamente. (BUZATO, 2006, p. 16).

Com base nessas questões, parte-se do princípio, neste texto, de que a educação formal deve, em todas as suas modalidades, incorporar os letramentos digitais em uma perspectiva crítica nos currículos. Para isso, é preciso buscar soluções interativas, que sejam exploradas por meio de metodologias ativas e participativas.

De acordo com essa perspectiva, este texto tem como objetivo apresentar o relato de uma experiência que ocorreu no âmbito da educação profissional, em um curso técnico em vestuário, no que se refere ao uso de tecnologias e ao desenvolvimento dos letramentos digitais dos estudantes. Cabe destacar que este relato faz parte de um projeto-piloto desenvolvido por professores de áreas interdisciplinares, por meio do Grupo de Pesquisa Formação de Professores em Tecnologia Educacional (Proted).

## **2. LETRAMENTOS DIGITAIS E A FORMAÇÃO DO PROFISSIONAL DA ÁREA DE VESTUÁRIO**

Esta seção contextualiza o curso técnico em vestuário, destacando-se o papel dos letramentos digitais na formação desses profissionais.

O curso técnico em vestuário pertence ao eixo tecnológico de produção industrial. A organização curricular dos cursos pertencentes a esse eixo prevê: ciência, tecnologia e inovação; investigação tecnológica; empreendedorismo, cooperativismo e associativismo; tecnologias de comunicação e informação etc (MEC/SETEC, 2016). A partir dessa proposta de organização curricular, pode-se depreender a necessidade de incorporar ao currículo dos cursos desse eixo os letramentos digitais.

Nas últimas décadas, as empresas da área de vestuário iniciaram suas adequações aos novos padrões estabelecidos pela chegada da tecnologia, no intuito de se manterem competitivas no mercado, realizando aquisições de maquinários automatizados, com instalações de softwares computacionais que ajudam a otimizar os processos produtivos.

Essas mudanças geram cada dia mais exigências no domínio das tecnologias digitais para os novos perfis profissionais, para que consigam desempenhar suas tarefas de maneira rápida e eficiente no seu local de trabalho. Essa habilidade passou a ser obrigatória, desde que o fenômeno da 4ª Revolução Industrial, também conhecida como Indústria 4.0, foi inserido no contexto de vários segmentos profissionais.

Essas mudanças na área de vestuário, em decorrência, principalmente, das tecnologias digitais, exigem que a formação dos profissionais que atuarão na área

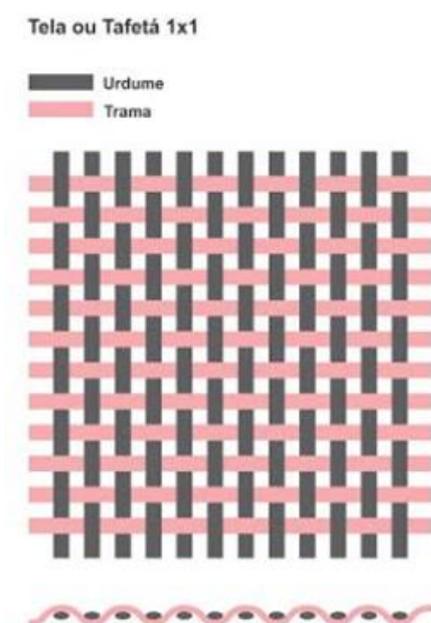
seja capaz de prepará-los para esse contexto. Ante essa realidade, os componentes curriculares do técnico em vestuário precisam dialogar com as tecnologias digitais utilizadas no mundo do trabalho. A seguir, apresenta-se uma proposta para esse diálogo desenvolvida no componente curricular Materiais Têxteis e Produtos.

### 3. LETRAMENTOS DIGITAIS E A FORMAÇÃO DO PROFISSIONAL DA ÁREA DE VESTUÁRIO UM RELATO DE EXPERIÊNCIA

Com o objetivo de agregar os letramentos digitais ao currículo do técnico em vestuário, começaram a ser desenvolvidos alguns projetos-piloto visando ao desenvolvimento de metodologias mais ativas, participativas e adaptadas aos estudantes. Neste texto, consta o relato da experiência desenvolvida no componente curricular Materiais Têxteis e Produtos, do Curso Técnico em Vestuário.

Nesta disciplina, os alunos precisam ter conhecimento sobre os diferentes tipos de tecidos, dentre eles, os tecidos planos, muito utilizados na confecção de camisas, calças, saias e blazers. Para que seja feita essa diferenciação entre os diversos tipos de tecidos, os alunos necessitam compreender, por exemplo, a forma de entrelaçamento dos fios de trama e urdume que compõem esses tecidos planos. Na figura 1, é possível ilustrar esse tipo de entrelaçamento.

Figura 1: Representação do entrelaçamento dos fios de trama e urdume em tecidos planos



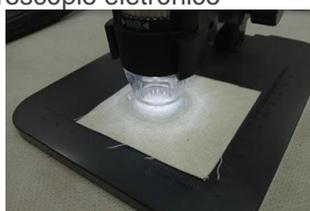
Fonte: Os autores

Considerando as especificidades dessa disciplina, passou-se a adotar como recurso para o desenvolvimento das aulas uma ferramenta digital com o objetivo de facilitar a compreensão do conteúdo. Adotou-se, para isso, o uso do software AMCAP (sistema operacional: Windows XP), que auxilia na captura de imagens do material analisado (tecido plano), produzidas pelo microscópio digital USB portátil, Marca KKMOON, Modelo 1000X ZOOM/8X LEDS, com sensor CMOS de imagem, que se conecta a um computador e este, por sua vez, conecta-se a um equipamento que projeta as imagens do material têxtil no quadro. Na figura 2, é possível ilustrar a imagem projetada no quadro, capturada pelo microscópio digital, por meio do sistema AMCAP e a imagem do modelo do microscópio.

Figura 2: Representação da imagem capturada pelo microscópio eletrônico, por meio do sistema AMCAP e do modelo do microscópio eletrônico



a) Microscópio eletrônico conectado ao computador.



b) Amostra de tecido posicionada sob a lente do microscópio eletrônico para análise.



c) Projeção do material em análise (tecido) no quadro.

Fonte: Os autores

Como resultados da inserção dessas ferramentas para o ensino do conteúdo ministrado na disciplina Materiais Têxteis e Produtos, é possível verificar uma maior participação dos alunos nas aulas, interesse maior pelo conteúdo ministrado e uma melhor compreensão das informações, visto que o uso do software, juntamente com os outros equipamentos digitais, permite atingir o objetivo principal: a aprendizagem dos alunos. Destaca-se que essa compreensão deve-se ao fato de os estudantes poderem visualizar a forma de entrelaçamento dos fios de trama e urdume que compõem esses tecidos. Sem o uso do software, as explicações eram apenas teóricas.

Constatou-se também que a adoção do software AMCAP permite o desenvolvimento da competência cognitiva relacionada às tecnologias digitais, bem como permite que se desenvolvam habilidades de resolução de problemas em contexto de intensa tecnologia: capacidade de usar tecnologia para resolver problemas e realizar tarefas complexas na área de vestuário, o que é extremamente relevante na educação profissional.

Por fim, observou-se que o domínio das tecnologias digitais acarreta impactos relevantes no que diz respeito ao ensino-aprendizagem, pois os métodos pedagógicos convencionais não são mais suficientes para suprir as expectativas dos estudantes em relação ao interesse e fixação dos conteúdos. Isso aponta para a necessária reestruturação dos currículos, de suas metodologias e recursos no intuito de tornar o conhecimento disseminado dentro da escola mais significativo.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Na introdução deste texto, fez-se um questionamento acerca do nosso papel na educação escolar nesse contexto atual. Nossas ideias coadunam-se com as de Moran (2013), para quem nosso papel é de “ser mediadores interessantes, competentes e confiáveis entre o que a instituição propõe em cada etapa e o que os alunos esperam, desejam e realizam” (p. 12).

Sendo assim, os professores de áreas interdisciplinares, por meio do Grupo de Pesquisa **Formação de Professores em Tecnologia Educacional (Proted)**, reconhecem ser imprescindível agregar os letramentos digitais aos currículos e, por isso, buscam soluções interativas por meio de recursos com os quais os alunos se identificam, com o desenvolvimento de aplicativos, uso de softwares computacionais e recursos audiovisuais, no intuito de promover aulas que explorem metodologias ativas e participativas e que, assim, tornem os conteúdos mais significativos, contextualizados e, conseqüentemente, atrativos. O relato de experiência aqui apresentado ilustra parte de um projeto-piloto que visa a propor o diálogo dos componentes curriculares do curso técnico em vestuário com as tecnologias digitais.

## REFERÊNCIAS

BUZATO, M. E. K. Letramentos digitais e formação de professores. São Paulo: Portal

Educarede. 2006. Disponível em: [http://www.educarede.org.br/educa/img\\_conteudo/marcelobuzato.pdf](http://www.educarede.org.br/educa/img_conteudo/marcelobuzato.pdf). Acesso em: 12 jul. 2019.

MÉLIO, D. E de.; OLIVEIRA, A. X de. Os Artefatos Digitais na Educação Superior: possibilidades didáticas para o ensino de conceitos científicos à luz da teoria histórico-cultural, cap. 1 do livro Metodologias Pedagógicas Inovadoras: contextos da educação básica e da educação superior. Curitiba: Editora IFPR, 2018. v.2. p. 12. ISBN: 978-85-54373-03-0.

MORAN, J. M. Ensino e aprendizagem inovadores com apoio de tecnologias. In: MORAN, J. M.; MASETTO, M. T.; BEHRENS, M. A. *Novas tecnologias e mediação pedagógica*. Campinas, SP: Papirus, 2013. p. 11-72.

OECD. Programme for the International Assessment of Adult Competencies (PIAAC). Disponível em: <https://www.oecd.org/skills/piaac/>. Acesso em: 13 jul. 2019.

SETEC. Catálogo Nacional de Cursos Técnicos. Brasília: MEC, 2016. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/novembro-2017-pdf/77451-cnct-3a-edicao-pdf-1/file>. Acesso em: 12 jul. 2019.

## CAPÍTULO 06

### CONVIVÊNCIA COM A QUÍMICA DE PRODUTOS NATURAIS – IMPORTÂNCIA, DIVERSIDADE ESTRUTURAL, INTERDISCIPLINARIDADE E CONTRIBUIÇÃO SOCIAL

#### **Raimundo Braz Filho**

Pesquisador Visitante Emérito da FAPERJ – UFRRJ – UENF

Professor Emérito da UFRRJ e da UENF

Professor *Honoris causa* da UFC e da UFPB

Pesquisador Sênior do CNPq

Membro Titular da ABC

Comendador do Mérito Científico de Ciências Nacional

Membro Honorário da Academia Cearense de Ciências

E-mail: braz@uenf.br

**Resumo:** O desenvolvimento sustentável de um país depende também da contribuição de um desenvolvimento da química de produtos naturais baseado numa consistente política científica, tecnológica e inovadora, usando-se a natureza e a biodiversidade em exploração racional de seus recursos naturais para o desenvolvimento científico, alimentação, avanço social e econômico com a preservação da saúde humana e o afastamento de doenças. Investigações fitoquímicas podem ser usadas também nos processos de formação de recursos humanos qualificados através de cursos de graduação e pós-graduação, preparando-se profissionais com qualificação para as atividades profissionais como professor e como pesquisador com capacidade e habilidade para geração de novos conhecimentos e a divulgação de novidades científicas. A descoberta de novas substâncias orgânicas produzidas pelo metabolismo secundário de plantas pode contribuir para o desenvolvimento de novos fármacos através de investigações de atividades biológicas, como os exemplos apresentados nesta sumária descrição, envolvendo-se inclusive a utilização de informações desde o reconhecimento de medicina popular e a síntese desenvolvida em laboratório. Vários aspectos relacionados com a utilização de algumas espécies vegetais no tratamento de muitas doenças tropicais são pontuados. Importância econômica e social, caracterização estrutural, investigação farmacológica e transformações químicas de novas substâncias orgânicas naturais isoladas de plantas estão sendo também consideradas.

**Palavras-chave:** Química de produtos naturais; Importância; Diversidade estrutural; Atividade biológica.

**Abstract:** The sustainable development of a country also depends on the contribution of the development of the chemistry of natural products based on consistent scientific, technological and innovative policy, using nature and biodiversity in rational exploitation of its natural resources for scientific development, feeding, social and economic advancement with the preservation of human health and the removal of diseases. Phytochemical investigations can be used also in the processes of formation of qualified human resources through undergraduate and graduate courses, preparing professionals with qualification for the professional activities as a professor and as researcher with the capacity and ability to generate new knowledge and the

dissemination of scientific news. The discovery of new organic compounds produced by secondary plant metabolism can contribute to the development of new drugs through investigations of biological activities, such as the examples presented in this brief description, involved including the use of information from the recognition of traditional medicine and the synthesis developed in a laboratory. Various aspects related to the use of some plant species in the treatment of many tropical diseases are punctuated. Economic and social importance, structural characterization, pharmacological research and chemical transformations of new natural organic substances isolated from plants are also being considered.

**Keywords:** Chemistry of natural products; Importance; Structural diversity; Biological activities.

## 1. INTRODUÇÃO

No Distrito Carapió onde nasci, Município de Pacatuba, Estado do Ceará, em 19 de novembro de 1934 e registrado como tendo nascido em 19 de abril de 1935, não existia escola. Meu padrinho farmacêutico Francisco das Chagas de Albuquerque e Souza decidiu acolher-me na sua residência em Pacatuba, após a parada para matar a sede com um copo de água na nossa residência, quando retornava do atendimento de um paciente em estado grave no Carapió montado num cavalo. Após tomar água, o saudoso padrinho lembrou-se de indagar à minha mãe sobre a existência de um seu afilhado e com a confirmação perguntou onde eu estava e revelou o interesse imediato para encontro no local onde estava ajudando meu pai num trabalho de plantação para produção de produtos naturais. Ao me vê naquela situação quando tinha torno de 14 anos de idade, perguntou ao meu pai porque eu não estava estudando. Com a revelação de falta de escola no distrito, recomendou imediatamente ao meu pai enviar-me na semana seguinte para a sua residência na cidade do Município de Pacatuba para estudar, onde tive também a felicidade do apoio de sua esposa (Laurênia Medeiros de Albuquerque), do filho (Weber) e das filhas (Margarida, Benedita e Enay). Em Pacatuba estudei com o Prof. Antônio Pinto, ex-seminarista competente e exigente, que usava a palmatória para punir os alunos pelos erros cometidos. Felizmente, consegui vencer esta etapa sem sentir os efeitos desse primitivo e perverso instrumento de punição.

Padrinho Chagas mudou-se para Fortaleza, quando assumiu um cargo no Centro de Despachantes durante o Governo do seu irmão Faustino de Albuquerque. Em Fortaleza, concluí o Curso de Admissão no Instituto São Raimundo (Diretor: Professor Coelho) e, durante o período de férias, frequentei mais um mês de aulas no Ginásio Dom Bosco (Diretor: Professor Oscar), que oferecia um programa complementar adequado para tentar uma vaga no Curso ginasial do Liceu do Ceará. A grande concorrência por vaga e matrícula naquela conceituada instituição de ensino público e gratuito produziu, obviamente, uma semana de expectativa e incerteza após a conclusão dos exames. Felizmente, na publicação do resultado encontrei o meu nome entre os aprovados. No Liceu do Ceará concluí os Cursos ginasial (4 anos) e Científico (3 anos) no período estabelecido (1949 a 1955).

O entusiasmo pelo futebol levou-me a jogar na equipe juvenil do Gentilândia Futebol Clube (time da Primeira Divisão do futebol cearense), no Nash (Time do Bairro Joaquim Távora em Fortaleza), no time do Município de Pacatuba (onde nasci), no Nacional (Time dos Correios e Telegráfos de Fortaleza e também da Primeira Divisão do Futebol Cearense) e atuar entre os profissionais do Ceará Sporting Clube (conhecido como Dicoll) após aceitar convitado Diretor de Esporte Dionísio convencido pelas informações elogiosas do técnico Lima (Nash time do subúrbio) sobre minhas atuações no subúrbio, inclusive para residir com outros jogadores na sede do time mais popular e querido da Primeira Divisão do Futebol Cearense localizada no Estádio Carlos de Alencar Pinto. Não consegui me firmar como titular absoluto no time do Ceará e, como reserva participativo em praticamente todos os jogos da época, joguei várias partidas entre os profissionais efetivos contribuindo, inclusive, para a vitória de jogo decisivo (ganhamos por 1x0) no campeonato cearense, decidido através da disputa de três partidas (melhor de três) com o Usina Ceará. Essa participação e outras eventuais e relativamente frequentes permitiram a conquista da faixa de Supercampeão – Bicampeão - 1957/1958.

Em 1957, decidi retomar os estudos para ingressar no curso superior público da Escola de Agronomia (atual Centro de Ciências Agrárias) da Universidade Federal do Ceará (UFC) – Fortaleza-Ceará, após começar o namoro com minha esposa Maria Maronci Monte Braz..

Durante o ano de 1958, eu e meu grande amigo-irmão José Braga Paiva, começamos os estudos diários em todos horários disponíveis (inclusive aos sábados e domingos, excetuando-se meus horários de treinos e jogos e do trabalho do Paiva em meio expediente). Dedicamo-nos intensamente às leituras e discussões dos assuntos contidos em capítulos dos livros mais adequados de física, química e biologia para atender as nossas necessidades de aprendizagem na preparação para concorrer na busca de duas vagas no Curso de Agronomia da Universidade Federal do Ceará. Esse esforço e dedicação, exclusivamente pessoais, permitiram-nos classificação no segundo e no quinto lugares entre os 49 candidatos qualificados para ingressar no Curso de Agronomia da UFC em 1959 após rigorosa realização dos exames escritos e orais.

Para cobrir despesas, inclusive pagamento de um 1/3 do aluguel da moradia precária em uma república no centro de Fortaleza, tive que permanecer em 1959 como

jogador profissional de futebol no time Calouros do Ar Futebol Clube (Time também da Primeira Divisão do futebol cearense), onde joguei como titular absoluto e, em certa ocasião, fui multado em 60 % de um vencimento mensal por não ter viajado com a delegação para participar de partidas fora do Estado, numa excursão que exigia a presença de todos os titulares. Em 1960, encerrei essa atividade como atleta profissional no time Gentilândia, onde jogava como titular sem a necessidade de treinar com a frequência exigida pela maioria dos outros clubes da primeira divisão do futebol cearense. Essa decisão apoiou-se também na conquista de uma Bolsa de Iniciação Científica.

Em 1960, fui selecionado pelo Professor José Wilson de Alencar (Professor de Química Orgânica da Escola de Agronomia da UFC) para uma Bolsa de Iniciação Científica da Comissão Central de Pesquisa da UFC, disponibilizada pelo Professor Manuel Mateus Ventura, Diretor do Instituto de Química e Tecnologia (IQT), fundado em 1958, que funcionava na Escola de Agronomia da UFC. A leitura do livro de Linus Pauling (*General Chemistry*, W. H. Freeman and Company, San Francisco, 1962) foi minha primeira tarefa como bolsista. Assim, tive a importante oportunidade de desenvolver as atividades de Bolsista de Iniciação Científica em Química no IQT da UFC durante três anos, respirando o ambiente científico estabelecido pelos Professores Manuel Mateus Ventura, Iracema Lima Ainouz, José Wilson de Alencar, Antônio Enéas Mendes Bezerra e José Xavier Filho (primeiro Bolsista de Iniciação Científica do IQT). Após a conclusão da graduação em Agronomia em 1962, decidi aceitar a honrosa proposta do Professor Ventura para permanecer no Instituto de Química e Tecnologia como Assistente de Pesquisa com bolsa da Comissão Central de Pesquisa da UFC.

O Professor Ventura acionou todas as providências necessárias para a minha participação no *Curso Básico de Fitoquímica Experimental*, - Especialização (Período: 09/01/63 a 09/03/63), oferecido pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus - AM, envolvendo a participação dos Professores Otto Richard Gottlieb e Mauro Taveira Magalhães, vinculados na época ao Instituto de Química Agrícola do Ministério da Agricultura, Jardim Botânico - Rio de Janeiro - RJ, onde, posteriormente (julho de 1963), esse curso foi concluído. Esse curso contribuiu definitivamente para minha decisão na busca de qualificação profissional em química de produtos naturais – química orgânica.

Em março de 1965, o Professor Ventura ofereceu também todas as facilidades acadêmicas e administrativas, além da correspondente orientação, para minha inscrição no Mestrado oferecido pelo Curso de Pós-graduação em Química de Produtos Naturais – Química Orgânica da Universidade de Brasília (UnB) - Brasília - DF, Coordenado pelo Professor Otto Richard Gottlieb, mesmo já tendo mantido contato preliminar inicial com o Professor Walter Mors – CPPN (depois NPPN e agora IQPN), Faculdade de Farmácia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ.

Em 19 de novembro do mesmo ano 1965, ocorreu a necessidade de transferência para o Rio de Janeiro, após um período de resistência da comunidade universitária da UnB combatendo os atos arbitrários desencadeados pelas autoridades responsáveis pela ditadura militar instalada no País. Tal perversa opressão impeliu cerca de 200 professores para uma renúncia coletiva, muitos sem definição de lugar para superar a conseqüente situação de desempregado. Coordenados pelo Professor Otto R. Gottlieb, os professores e alunos de pós-graduação dividiram-se em dois grupos, sendo que um foi recebido pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e o outro assumiu trajetória para a UFRRJ após permanência no CPPN – UFRJ, Praia Vermelha - RJ até fim de fevereiro de 1966. Em março de 1966 ingressamos no Curso de Pós-graduação em Fitoquímica – UFRRJ coordenado pelo Professor Otto R. Gottlieb.

Após proposta do Professor Otto R. Gottlieb como meu orientador e a correspondente aprovação em Exame de Candidatura, perante banca examinadora constituída por cinco membros (Professores Otto Richard Gottlieb – orientador, Walter Baptist Mors, NPPN, UFRRJ; Ary Coelho da Silva, ex-Professor da UnB; Roberto Alvahydo, Departamento de Química, ICE, UFRRJ e Hélio Saul Ramos Barreto, Departamento de Química Agrícola, UFRRJ), passei diretamente para o Doutorado com nota 10,0 (dez), concluído em setembro de 1971. Durante o período de julho de 1967 a março de 1970 permaneci como Chefe do Laboratório de Produtos Naturais da Universidade de São Paulo - USP, São Paulo - SP, por solicitação do Professor Otto (orientador do Doutorado), que fora convidado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP e pela USP (representada pelo Professor P. Senise) para a implantação do referido laboratório. A compreensão e aprovação dos colegas do Departamento de Química Orgânica do IQT da UFC permitiram o

desempenho dessa tarefa adicional no Instituto de Química da USP, São Paulo, SP, durante o afastamento para o Doutorado.

Após a conclusão do doutorado (1971) permaneci na UFC durante o período correspondente ao tempo de afastamento que me fora concedido para o trabalho do doutoramento.

Em junho de 1975 transferi-me para a UFRRJ, onde assumi a categoria de Professor Titular, com a responsabilidade, inclusive, de reativar o Curso de Pós-graduação em Química de Produtos Naturais – Química Orgânica, cujas atividades estavam parcialmente interrompidas desde a saída do Professor Gottlieb para atender ao novo vínculo empregatício com o Instituto de Química da Universidade de São Paulo (USP). A tarefa foi cumprida e o processo evolutivo consolidou o Programa de Pós-graduação em Química - Mestrado e Doutorado – ocupando atualmente o nível 5 no conceito da CAPES.

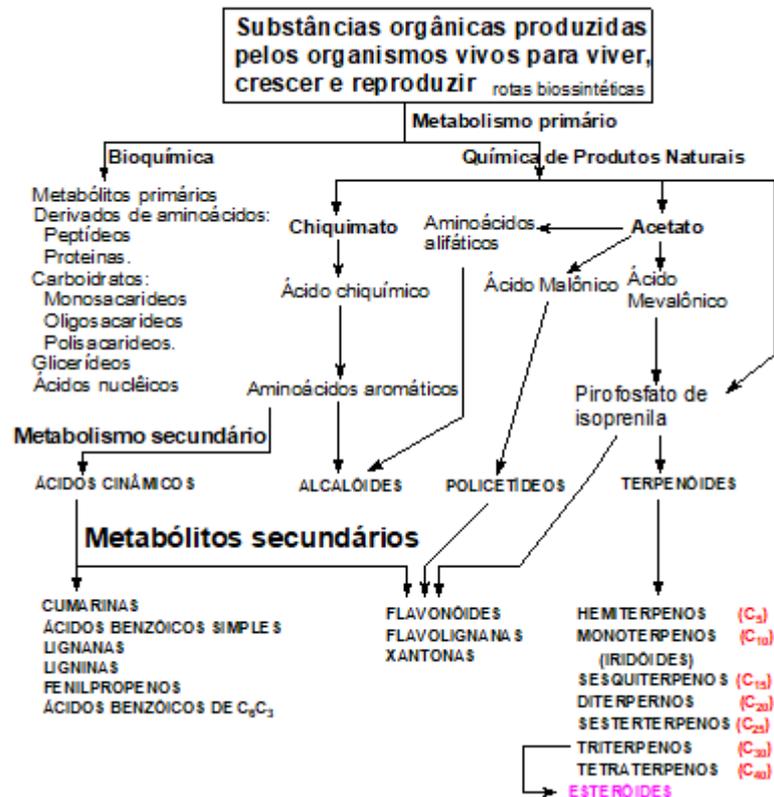
Toda minha vida profissional tem sido dedicada à química de produtos naturais através do isolamento e determinação estrutural de substâncias naturais produzidas pelo metabolismo secundário (especializado) de organismos vivos e à formação de recursos humanos qualificados envolvendo disciplinas de graduação e pós-graduação,

O isolamento e estudo de substâncias naturais têm sido uma preocupação central das ciências químicas e biológicas por mais de 200 anos. O *Dictionary of Natural Products* descreveu dados químicos, estruturais e bibliográficos para 100.000 produtos naturais e substâncias relacionadas (Buckingham, Editor, 1993).

A vida dos organismos vivos - nascimento, crescimento, reprodução, envelhecimento, doenças e morte – depende também de transformações químicas executadas pelos seus metabolismos primários e secundários. A bioquímica investiga a química de produtos naturais do metabolismo primário, que produz substâncias amplamente distribuídas nos seres vivos: aminoácidos, proteínas (polímeros naturais), lipídios, carboidratos, polissacarídeos, ácidos nucleicos (e.g.). A química de produtos naturais do metabolismo secundário (especializado) é estudada pelos químicos orgânicos, comumente reconhecidos como químicos de produtos naturais. As substâncias produzidas pelo metabolismo secundário revelam-se mais características de grupos biológicos, tais como família e gênero. O **Esquema 1** resume uma tentativa de definição das atividades desenvolvidas pelos bioquímicos e químicos de produtos naturais (químicos orgânicos) com base nos metabolismos

primário e secundário e das rotas principais de bioformação dos metabólitos secundários (Torssell, 1997; Dewick, 2001). Obviamente, os polímeros naturais e seus monômeros também são produtos naturais, mas são comumente investigados pelos bioquímicos (metabolismo primário).

Esquema 1: Substâncias naturais produzidas pelos metabolismos primário e secundário



Fonte: Os autores

Bioreações:

- 1: Reações de alquilação [Substituição nucleofílica (O, N e C metilação) e Adição eletrofílica]
- 2: Rearranjos Wagner-Meerwein
- 3: Reações aldólicas e de Claisen
- 4: Base de Shift e reação de Mannich
- 5: Transaminação
- 6: Reações de carboxilação e descarboxilação
- 7: Reações de oxidação (incluindo Baeyer-Viliger) e redução
- 8: Acoplamento oxidativo fenólico
- 9: Reações de glucolização

A humanidade precisa continuar explorando racionalmente o arsenal químico oferecido pelos organismos vivos, aprendendo, copiando e imitando a natureza pela sua potencialidade e diversidade estrutural oferecidas pelos laboratórios químicos celulares vivos. A aprendizagem do dinamismo químico adotado pelos organismos da flora e da fauna servirá inquestionavelmente para o avanço científico das nações, além de proporcionar contribuição para a proteção e sobrevivência da vida e para compreensão e conservação das condições ambientais no planeta Terra. Todas as gerações conheceram e continuam conhecendo a sabedoria revelada pela utilidade das plantas para curar doenças, conservar a saúde e promover bem-estar.

A importância da química na sociedade civilizada não era bem compreendida pela maioria dos políticos, alguns dirigentes de órgãos de fomento e tornou-se pouco apreciada pelo público em geral. A palavra “química” foi perversamente associada com venenos, poluição e acidentes industriais, em decorrência principalmente de cobertura distorcida dos meios de comunicação, que exageraram nos riscos e ignoraram os benefícios gerados pela pesquisa em química. Os remédios, fertilizantes, combustíveis, fibras, plásticos, detergentes, perfumes e cosméticos representam exemplos inquestionáveis da contribuição da química para a melhoria da qualidade de vida desfrutada principalmente pelas camadas sociais favorecidas dos países desenvolvidos. Assim, a química é uma ciência fundamental para o desenvolvimento da sociedade, assumindo características nítidas de interdisciplinaridade e participação central nas disciplinas científicas. A biologia e a física passam pela interdisciplinaridade química.

Estima-se que, 80% da população de países subdesenvolvidos e em desenvolvimento continuam completamente dependentes da medicina caseira através da utilização de plantas para suas necessidades primárias de saúde (Chadwick e Marsh, Editores, 1990). A química de produtos naturais deve continuar contribuindo nos processos de investigação das plantas usadas nesses costumes populares.

As transformações microbiológicas de substâncias naturais e sintéticas oferecem novos horizontes para modificações estruturais, através de introdução e transformações de grupos funcionais e rearranjos moleculares, destinadas a vários objetivos.

Assim, o isolamento e a elucidação estrutural de substâncias orgânicas produzidas pelo metabolismo secundário de organismos vivos permanecem também assumindo importância fundamental para o desenvolvimento científico da química de produtos naturais e contribui para avanço de outras atividades científicas, tecnológicas e inovações no País. A diversidade estrutural de substâncias orgânicas naturais isoladas de plantas da flora brasileira desperta adicionalmente a relevante importância e o destacado interesse científico e tecnológico das atividades de pesquisa em química de produtos naturais.

## **2. IMPORTÂNCIA E DIVERSIDADE ESTRUTURAL**

A Química é uma ciência central, útil e criativa, assumindo em muitos aspectos as características de uma ciência interdisciplinar, que fornece os meios essenciais e a linguagem fundamental para a correta compreensão de outras disciplinas científicas.

A importância de plantas como fonte de novos agentes químicos medicinais pode ser caracterizada pelo surgimento relativamente recente de diversos programas nos Estados Unidos para a descoberta de substâncias ativas produzidas pelo metabolismo secundário de vegetais. Essa programação para a descoberta de novos medicamentos em plantas envolveu o isolamento para utilização direta, elucidação estrutural, preparação de produtos semissintéticos e definição de sínteses totais.

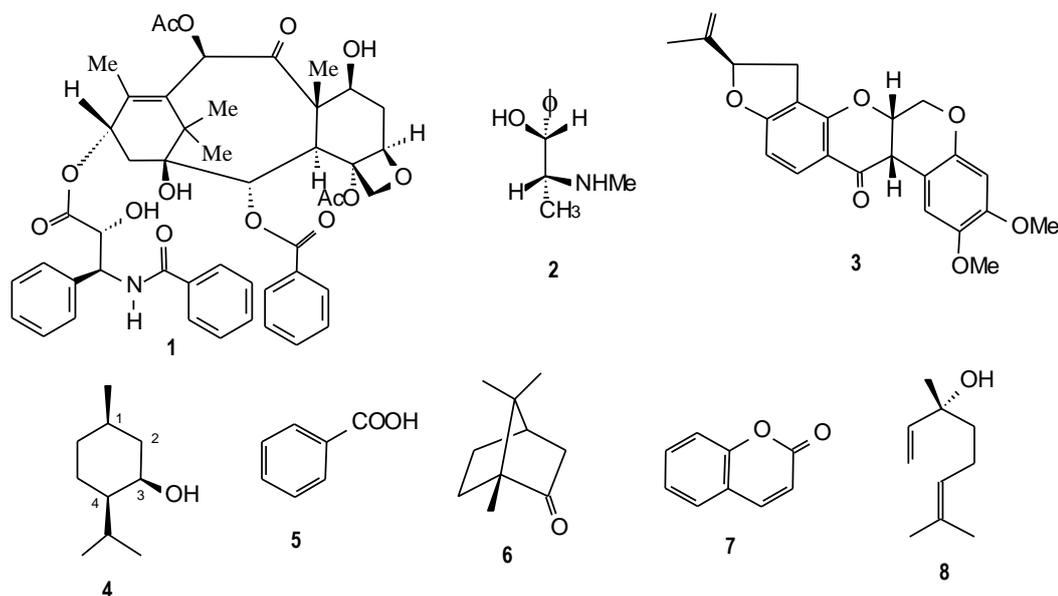
A relativa facilidade de coleta, o potencial para desenvolvimento sustentável e a diversidade estrutural de seus constituintes apontam e destacam as plantas terrestres como principal fonte, renovável, para a descoberta e o desenvolvimento de novos fármacos, além de outros produtos naturais que podem ser utilizados para diversas finalidades sociais.

A flora Brasileira destaca-se como um das mais ricas do mundo. O estudo dos constituintes químicos produzidos pelo metabolismo secundário (especializado) de organismos vivos é uma atividade de pesquisa adotada universalmente pela quase totalidade dos países, especialmente aqueles considerados desenvolvidos. Assim, a investigação fitoquímica continua constando da programação de pesquisa em instituições públicas e empresas privadas. As indústrias farmacêuticas procuram fontes naturais de novos medicamentos para utilização direta e como matéria prima para preparação

semissintética de produtos úteis, além de novos modelos para síntese total de produtos com atividade biológica.

A medicina alopática utiliza universalmente 119 drogas, com estruturas definidas, que foram extraídas de cerca de 90 espécies de plantas superiores (Chadwick e Marsh, Editores, 1990). A existência de cerca de 250.000 espécies de plantas superiores permitiu deduzir que muitas substâncias com atividade medicinal podem ser isoladas e caracterizadas estruturalmente desses organismos vegetais. O potencial químico dos organismos vivos estimulou o interesse das indústrias farmacêuticas como fonte de fármacos [e.g. Taxol (1), Ephedrine (2)], agroquímicos pelo fornecimento de fungicidas e inseticidas naturais [e.g. Rotenona (3)], alimentícias para a obtenção de substâncias naturais usadas para sabor e cor dos alimentos [e.g. Mentol (4), Ácido benzóico (5)] e cosméticos pela necessidade de perfumes naturais [e.g. Cânfora (6), Cumarina (7), Linalol (8)] (Buckingham, Editor, 1993).

Figura 1: Taxol; Ephedrine; Rotenona; Mentol; Ácido benzóico; Cânfora; Cumarina; Linalol



Fonte: Os autores

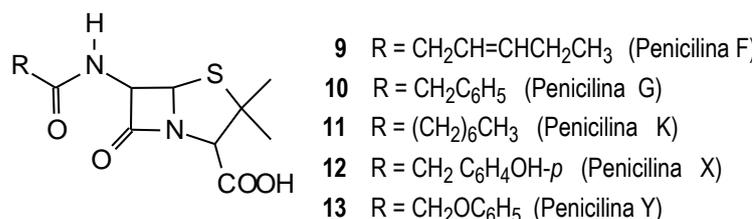
A Professora Norma Saraiva Siqueira (Farmacognosia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul) declarou (Jornal de Ciência Hoje, 27 de julho de 1990): “Brasil possui de 40 a 200 mil espécies vegetais, um terço das existentes no Planeta. Cerca de 10 mil delas são medicinais. A China tem 27 mil espécies vegetais, com 5 mil medicinais (20%), e a Índia, 18 mil, com 2,5 mil medicinais (14%). Temos, portanto,

uma das floras mais ricas do mundo em matérias-primas para fitofármacos. Somos, no entanto, grandes importadores de plantas e matérias-primas vegetais”. Esta declaração serve como advertência para os profissionais da área e autoridades governamentais.

O processo evolutivo da humanidade ainda não conseguiu apagar da memória das gerações a utilidade de plantas medicinais. A medicina popular, consagrada pelo uso e costumes, continua resistindo às pressões dos produtos das poderosas indústrias químicas farmacêuticas, principalmente empresas multinacionais que eliminam ou asfixiam as indústrias nacionais e submetem a população a preços exorbitantes diante da passividade das autoridades governamentais. A resistência popular predomina nas localidades mais distantes dos centros urbanos, onde o progresso da ciência e da tecnologia ainda não alcançou a intensa penetração verificada nas grandes cidades dos países desenvolvidos e periféricos. Estima-se a existência de cerca de 120 mil espécies vegetais nativas no Brasil, muitas usadas principalmente como fontes de material para construções e carpintarias, para fabricação de carvão e celulose e para extração de componentes químicos com valor comercial para atender demanda internacional. Assim, permanecemos assistindo um processo de devastação desordenado e indiscriminado, sem adotar posição compatível com a preservação racional da maior reserva florestal do mundo. O extermínio de espécies vegetais prejudica o equilíbrio ambiental e elimina um poderoso laboratório vivo de produtos químicos, muitos deles úteis para a manutenção do sistema ecológico e para curar doenças e salvar vidas.

Alexander Fleming (1881-1955, Prêmio Nobel de Medicina em 1945) bacteriólogo escocês, observou, em 1929, as propriedades antibióticas associadas com o fungo *Penicillium notatum*, produtor de diferentes tipos de penicilina (e.g. **9-13**) dependendo do meio de cultura utilizado (Evans, 1965). Durante a 2ª guerra mundial, 22 grupos de pesquisadores nos Estados Unidos e 70 na Inglaterra dedicaram-se ao isolamento e caracterização da penicilina natural (**10**) (Richards, Cram, Hammond, 1967). Os trabalhos desenvolvidos nos métodos de produção e isolamento, determinação estrutural e síntese de penicilinas proporcionaram um dos importantes acontecimentos científicos, que permitiram salvar muitas vidas humanas da ação de bactérias responsáveis por doenças. A descoberta da substância natural permitiu o surgimento de outros produtos derivados importantes para o combate de doenças.

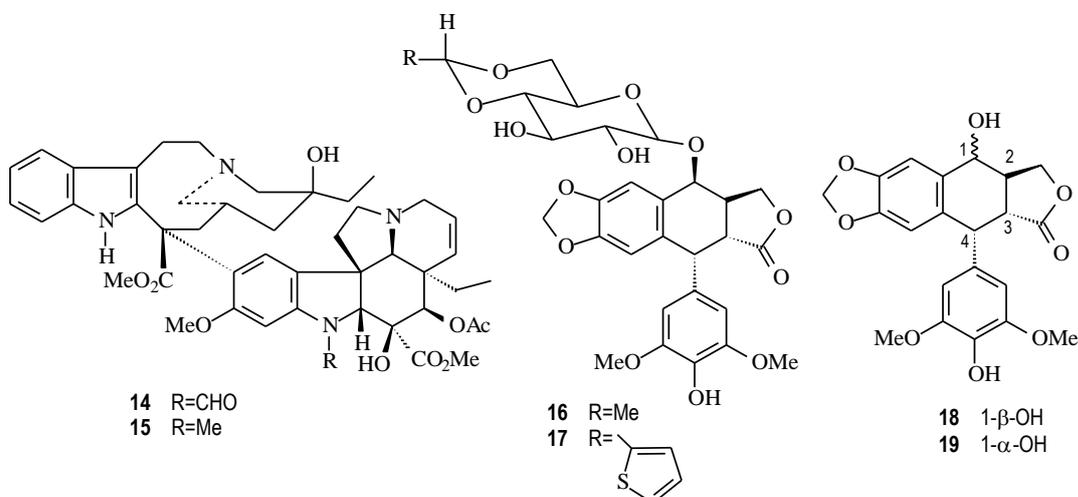
Figura 2: Diferentes tipos de Penicilina



Fonte: Os autores

Os alcaloides Vincristina (**14**) e Vimblastina (**15**), isolados da espécie *Catharanthus roseus*, destacaram-se como dois dos mais importantes agentes quimioterapêuticos de uso clínico corrente contra o câncer, seguidos pelos produtos semissintéticos Etoposido (VP-26,**16**) e Teniposido (VM-26,**17**), obtidos de Epipodofilotoxina (**18**), um epímero do lignoidePodofilotoxina (**19**) isolado das espécies *Podophyllumpeltatum* e *P. endoii*(Cragget *al.*, 1993).

Figura 3: 14; 15; 16; 17; 18; 19



Fonte: Os autores

A Arteanuina B (**20**) e a Artemisinina (**21**) foram isoladas de *Artemisiabannua*, família Arteraceae, uma planta medicinal chinesa com potente atividade antimalárica devido à presença de **21**. A preparação de derivados da Artemisinina (**21**) permitiu obtenção de produtos 8 a 10 vezes mais potentes. Várias sínteses totais de Artemisinina (**21**) encontram-se registradas na literatura mas o preço da droga apresentou-se inviável economicamente (Nair eBasile, 1993; .Klayman, 1993). A

descoberta desta substância permitiu o tratamento de dezenas de milhões de pacientes de malária na República Popular da China.

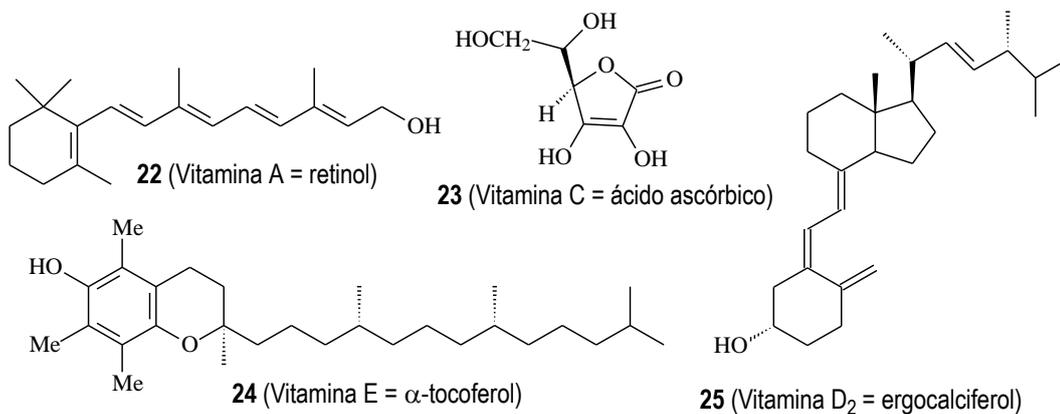
Figura 4: 20; 21

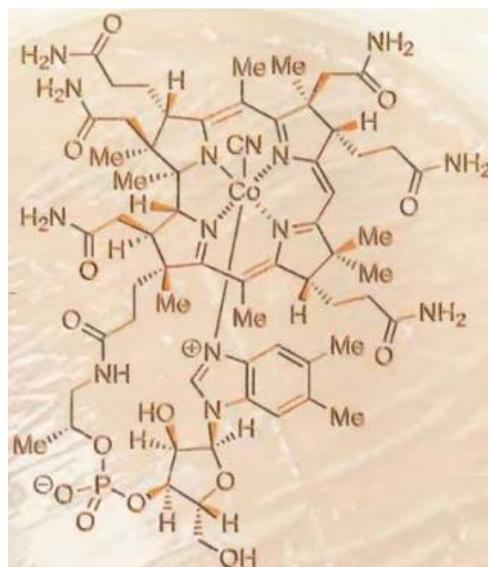


Fonte: Os autores

Os organismos vivos também produzem vitaminas essenciais para a vida [e.g. **22** (Vitamina A = Retinol), **23** (Vitamina C), **24** (Vitamina E =  $\alpha$ -tocoferol), **25** (Vitamina D<sub>2</sub> = Ergocalciferol), **26** (Vitamina B<sub>12</sub>)] contribuindo para preservação da saúde mas não assumindo responsabilidade direta pela atividade biológica para a cura de doenças.

Figura 5: 22; 23; 24; 25; 26



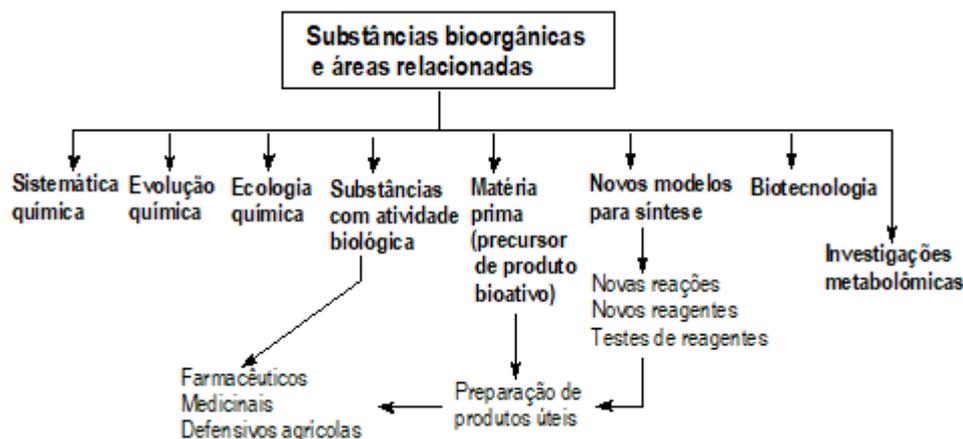


Fonte: Os autores

### 3. INTERDISCIPLINARIDADE

O crescente interesse interdisciplinar envolveu também a participação efetiva da química de produtos naturais (**Esquema 2**), contribuindo para o desenvolvimento de outras áreas do conhecimento: botânica sistemática, evolutiva e ecológica, substâncias com atividade biológica [medicinal (descoberta de novos medicamentos), agrícola (defensivos agrícolas), veterinária (medicamentos para outros animais)], matéria prima (precursor de produto bioativo), novos modelos para sínteses - química orgânica (novas reações, novos reagentes, teste de reagentes), biotecnologia, investigações metabólicas. A contribuição para as investigações metabólicas (**Esquema 2**) pode ser avaliada claramente pela metodologia usada na plataforma metabólica: métodos cromatográficos e espectrométricos, principalmente espectrometria de massas (EM) e ressonância magnética nuclear (RMN 1D e 2D).

Esquema 2: Importância e interdisciplinaridade de substâncias biorgânicas produzidas pelo metabolismo secundário



Fonte: Os autores

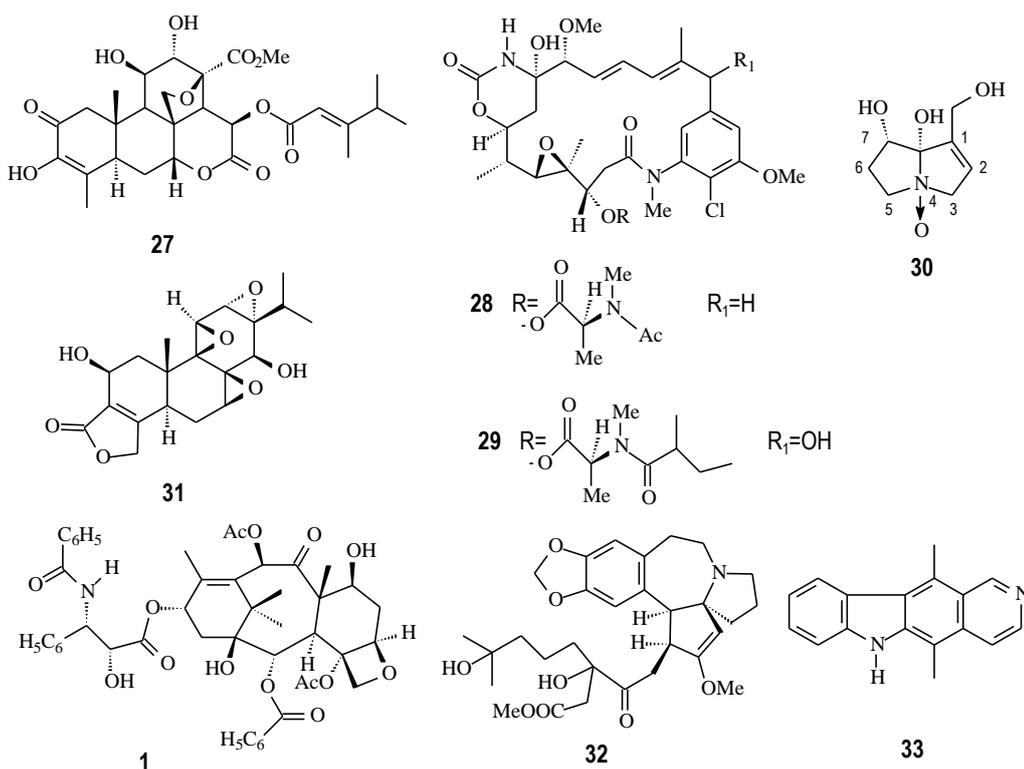
As plantas superiores constituem uma das fontes mais importantes de novas substâncias utilizadas diretamente como agentes medicinais. Mais recentemente, além disto, elas forneceram modelos para modificações estruturais e otimizações de propriedades farmacológicas e bioquímicas, servindo inclusive para a inspiração de químicos orgânicos, estimulando-os para enfrentar desafios na construção sintética de novas arquiteturas moleculares naturais.

Durante algum tempo, os investimentos elevados na preparação de produtos sintéticos contribuíram significativamente para estimular ações que tentavam reduzir a relevância de organismos vivos como fontes de novos produtos naturais com atividade biológica. Nos últimos anos, no entanto, a importância dos organismos vegetais como fontes produtivas de substâncias anticancerígenas e outras atividades biológicas reativaram interesses social e econômico, superando obstáculos na construção de cenário crescente, estimulando, inclusive, o interesse das lideranças industriais empenhadas na fabricação de produtos sintéticos. Sínteses totais em produtos naturais têm revelado estratégias divergentes (Lei Li *et al.*, 2018).

Durante o período de 1960 a 1986, o programa de avaliação de substâncias antitumorais de origem vegetal do Instituto Nacional do Câncer dos Estados Unidos investigou biologicamente 108.330 extratos obtidos de 35.000 espécies vegetais: 4.149 (3,83%), correspondentes a 1410 gêneros envolvendo 2935 espécies, revelaram atividade biológica. Das 2.000 substâncias cristalinas isoladas e testadas, 95 (4,75%) foram selecionadas para investigações especiais e 11 aprovadas para

testes contra diversos tumores. Entre tais substâncias foram indicadas a Brucetina (**27**), a Maitansina (**28**), o Colubrinol (**29**), a Indicina-N-óxido (**30**), o Tripdiolido (**31**), o Taxol (**1**), a Homoharringtonina (**32**) e Elipticina (**33**), além da bouvardina (um peptídeo cíclico de fórmula molecular  $C_{40}H_{48}N_6O_{10}$ ) (Cordell *et al.*, 1993).

Figura 6: 27; 28; 29; 30; 31; 32; 33



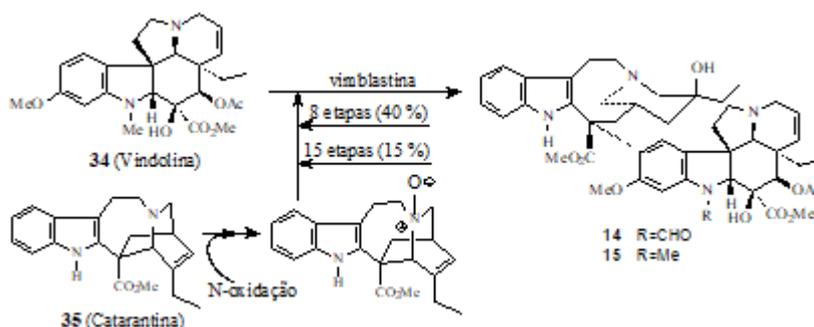
Fonte: Os autores

Os alcaloides Vincristina (**14** = Oncovin comercial) e Vinblastina (**15** = Velban e Velbe comerciais), isolados da espécie *Catharanthus roseus*, tornaram-se fortemente reconhecidos pelo sucesso terapêutico no tratamento de vítimas de câncer. Os baixos rendimentos (0.01 % de **14** e 0.0003 % de **15**) revelados pela fonte natural têm servido como estímulo adicional para superação de tal situação através de investigação de rotas sintéticas (*e.g.* Ishikawa *et al.*, 2009) e via metabólica enzimática (Caputi *et al.*, 2018), além de estudos biotecnológicos que revelaram que a biossíntese deste alcaloides envolveu 35 intermediários, 30 enzimas, 30 genes biossintéticos, 2 genes reguladores e 7 intra- e intercelulares compartimentos (Ishikawa *et al.*, 2009).

Ishikawa *et al.* (2009) relataram a síntese total da Vinblastina (**15**), Vincristina (**14**) e produtos relacionados utilizando duas rotas sintética resumidas (*e. g* no

Squeme 1, Ishikawa *et al.*, 2009) com rendimentos totais de 15 % e 40 % através de 15 e 8 etapas, respectivamente, usando Vindolina (**34**) e Catarantina (**35**).como precursores (**Esquema 3**).

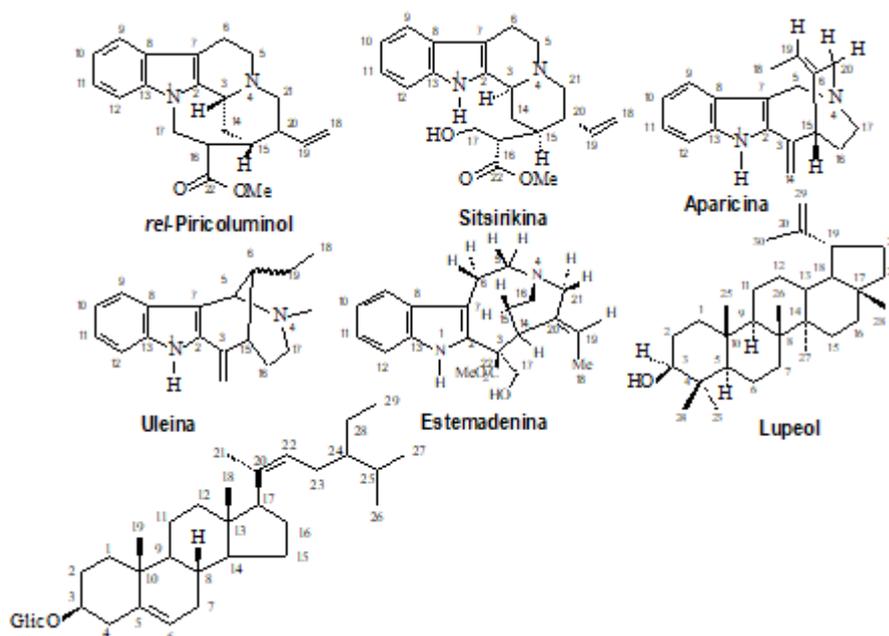
Esquema 3: Síntese de Vimblastina 15



Fonte: (Ishikawa *et al.*, 2009)

Os dois precursores **34** e **35** apareceram também na publicação recente de Caputi *et al.* (2018) lutando contra a falta de enzimas na biossíntese do alcalóide dimérico anticancerígeno Vimblastina (**15**), que inclui Ivo J. C. Vieira Professor da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) como coautor, como consequência de efetiva colaboração envolvendo a Estemadenina isolada juntamente com outros alcaloides e terpenóides (**Esquema 4**) de *Aspidosperma pyricollum* – família Apacynaceae (Carmo *et al*, 2015).

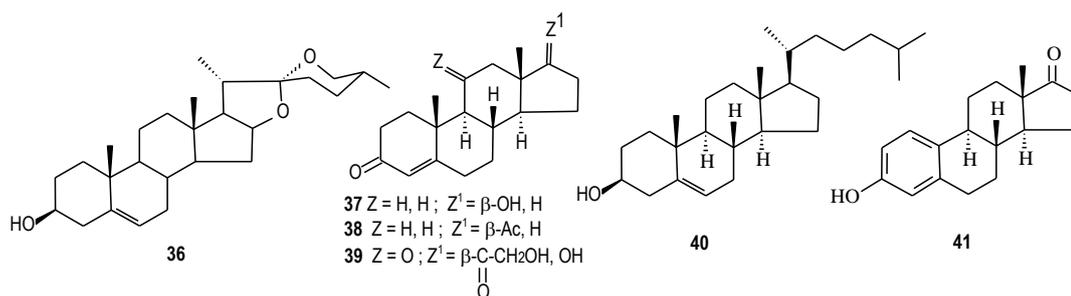
Esquema 4: Substâncias isoladas de *Aspidosperma pyricollum*



Fonte: (Carmo *et al.*, 2015)

Em alguns casos, as fontes naturais fornecem rendimentos relativamente altos, servindo como fornecedor direto de substâncias naturais ativas ou como matéria prima para transformações químicas, evitando-se etapas com dificuldades sintéticas durante a obtenção de produtos derivados, preferencialmente com maior potencial de utilização prática e sem efeitos colaterais indesejáveis. A Diosgenina (**36**), isolada livre ou como glicosídeo de espécie do gênero *Dioscorea*, é também utilizada como matéria-prima para a obtenção dos hormônios sexuais Testosterona (**37**), Progesterona (**38**) e corticóides (hormônios produzidos pela camada cortical das glândulas supra-renais, e.g. **39** = Cortisona) através de várias etapas reacionais (Goto *et al.*, 1974). Os hormônios esteroidais funcionam como mediadores especializados de diversas funções do corpo. O Colesterol (**40**) é biossintetizado pelo organismo animal e funciona como precursor para outros esteróides naturais necessários para a vida, tais como os hormônios sexuais **37** e **38**, que são produzidos respectivamente nos testículos e ovários para o desenvolvimento das características masculinas (andrógenos) e femininas (estrógenos) em mamíferos (Pine *et al.*, 1980).

Figura 7: 36; 37; 38; 39; 40; 41



Fonte: Os autores

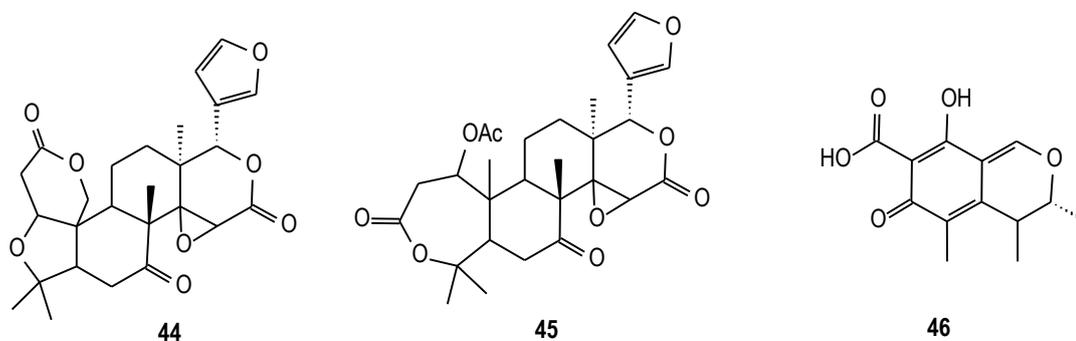
Hormônios sexuais humanos foram também encontrados em plantas (Harborne, 1977): Estrona (**41**) em *Phaenixdactylifera* (sementes e pólen), *Punica granatum* (sementes) e *Maluspumila* (sementes); Testosterona (**37**) em *Pinus sylvestris* (pólen, presente nas plantas floríferas como elemento masculino da sexualidade vegetal e responsável pela fecundação dos óvulos).

Os metabólitos secundários podem ser utilizados também como marcadores para classificação botânica (Sistemática Química, aliando-se à morfológica), para investigação de processos evolutivos (Evolução Química) e para compreensão da convivência no sistema ambiental (Ecologia Química) dos organismos vivos ((Harborne, 1977); Gottlieb, 1982).

Um dos principais problemas enfrentado pelas indústrias cítricas (envolvidas com plantas do gênero *Citrus*: laranja, limão, tangerina e outros) instaladas em todas as partes do mundo envolve o amargor revelado pelos sucos e outros produtos cítricos após algumas horas de extração, tornando-os impróprios para os processamentos subsequentes. Este problema provoca prejuízos elevados, alcançando valores anuais estimados entre 6 a 8 milhões de dólares, para a indústria cítrica da Califórnia-USA, envolvendo principalmente a laranja. Estudos realizados demonstraram que o sabor amargo depende da presença de limonóides, tais como a Limonina (**44**) e a Nomilina (**45**). Em laranjas a presença de flavonoides e Nomilina (**45**) são os principais responsáveis pelo sabor amargo. Os pesquisadores envolvidos nesses estudos descobriram um tratamento pré-colheita para inibir a formação de limonóides em frutos cítricos. Além disto, elucidaram a principal rota biossintética e os locais de bioprodução destas substâncias (Seltzer, 1986). Assim, os conhecimentos adquiridos através dos produtos naturais do metabolismo secundário promoveram

desenvolvimento agrícola e contribuíram para salvação econômica de indústrias cítricas.

Figura 8: 44; 45; 46



Fonte: Os autores

A Citrinina (**46**), uma micotoxina nefropática biossintetizada produzida por espécies dos gêneros *Aspergillus* e *Penicilium*, pode ser encontrada contaminando alimentos e causando intoxicação em suínos. Devido a grande ocorrência de fungos citrininogênicos em nosso meio e pela frequência de problemas patológicos causados pela Citrinina, tornou-se necessário um estudo criterioso para controle do problema envolvendo a alimentação humana. Nesse estudo obteve-se a citrinina (**46**) através de cultivos de *Penicillium citrinum* (Cruz *et al.*, 1988). A cultura de células e tecidos, isoladamente ou em combinação com etapas sintéticas *in vitro*, serve também como elo interdisciplinar entre a química de produtos naturais e a biologia e outras áreas afins.

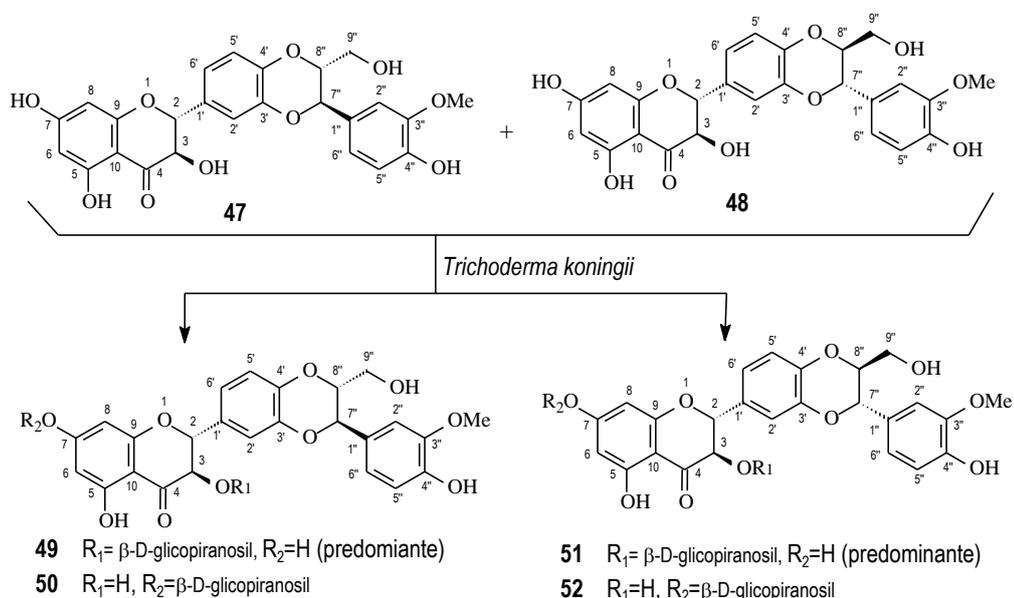
### 3.1 TRANSFORMAÇÕES MICROBIOLÓGICAS

Transformações microbiológicas (biotransformações) para obtenção de substâncias mais ativas e/ou menos tóxicas assumiram interesse científico, social e econômico, principalmente quando tais conversões seletivas através de modificações sintéticas revelam dificuldades.

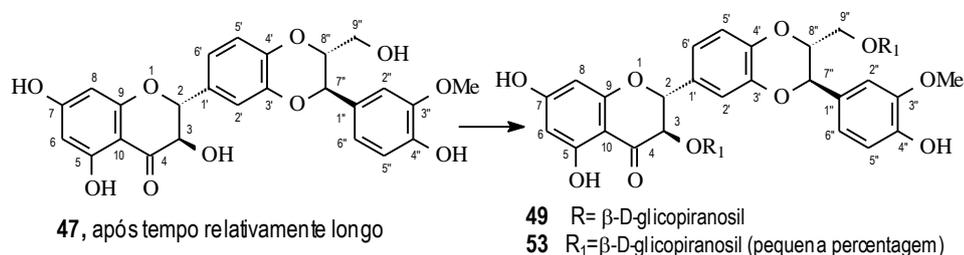
Um exemplo envolvendo transformações microbiológicas usando o micro-organismo *Trichoderma koningii* KCTC 6042 apareceu em artigo publicado por: Hyun *et al.*, 2006. A mistura diastereoisomérica (cerca de 1:1) das flavonolignanas hepatoprotetoras Silibinas A (**47**) e B (**48**) foi isolada dos frutos de *Silybum marianum*

(L.) Gaertn., que apareceu amplamente utilizada como remédio natural (Legalon, Madaus, Germany) no tratamento de doenças do fígado.

Esquema 5: Biotransformação dos diastereoisômeros 47 e 48 pelo fungo *Trichoderma koningii* KCTC 6042 e por metodologia sintética



Metodologia sintética:



Fonte: Os autores

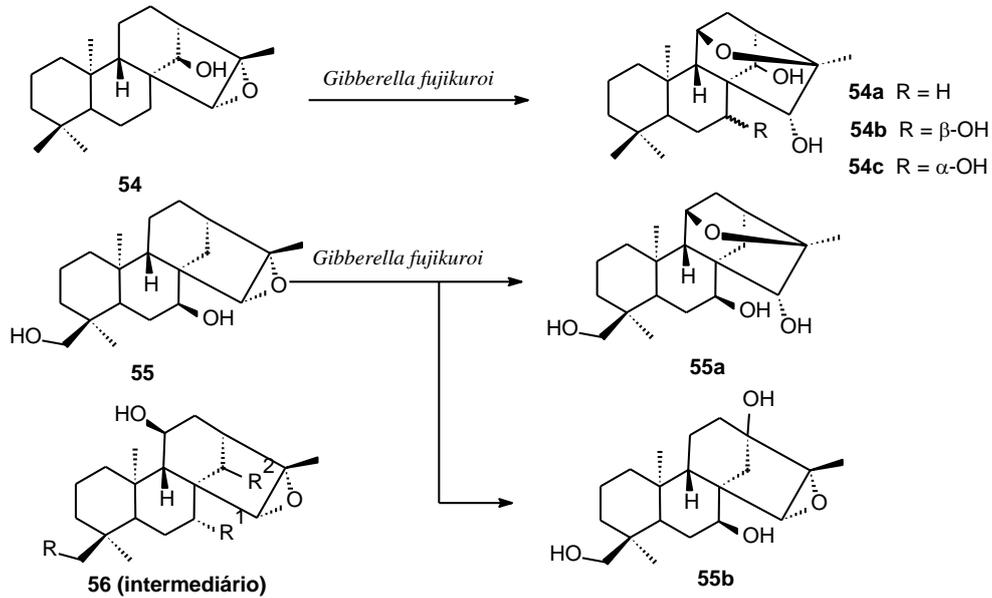
Efetivamente, o domínio científico dos processos orgânicos vitais (animais e vegetais) necessita de conhecimentos biológicos, bioquímicos, biofísicos, fisiológicos, genéticos, farmacológicos e de química de produtos naturais do metabolismo secundário, acionados através de programas interdisciplinares contando com outras disciplinas correlatas e essenciais para o desenvolvimento destas áreas do conhecimento. Os laboratórios vivos celulares dispõem de condições essenciais para a biossíntese de diversas substâncias necessárias para a preservação e sobrevivência da sociedade humana, inclusive para produção de substâncias naturais em quantidade e qualidade de adequada para erradicação de doenças que continuam fazendo vítimas fatais (câncer, aids, malária, etc). Os organismos vivos terrestres e

marinhos possuem mecanismos químicos para comunicação, adaptação, evolução e construção de ambiente ecológico para manter o equilíbrio de sobrevivência.

As próximas fases da química de produtos naturais do metabolismo secundário não envolverão somente a descoberta de novas estruturas e catalogação dos constituintes das espécies estudadas. Além disto, as atividades devem ser ampliadas para descobrir propriedades farmacológicas e ecológicas, para explorar a capacidade bioprodutiva de culturas de células e tecido e para investigar micro-organismos em meios de cultura preparados artificialmente. A biopreparação de produtos com estereoquímicas definidas e a introdução e modificação biosseletivas de grupos funcionais em substratos naturais ou sintéticos dependem de rotas biogenéticas que precisam ser conhecidas cientificamente. Assim, evidencia-se a necessidade imperiosa de surgimento de grupos no país para investigação de caminhos biossintéticos.

A transformação microbiológica de substâncias naturais e sintéticas oferece novos horizontes para modificações estruturais destinadas ao atendimento de diversos objetivos, desde introdução de grupos funcionais a rearranjos moleculares. As modificações estruturais executadas pelo fungo *Gibberellafujikuroinos* Diterpenos *ent-15 $\beta$ ,16 $\beta$ -epoxi-14 $\alpha$ -hidroxicaurano (54)* e *ent-7 $\alpha$ ,18-dihidroxi-15 $\beta$ ,16 $\beta$ -epoxicaurano (55)* permitiram a obtenção dos produtos **54a-54b** e **55a e 55b** (**Esquema 6**), sendo provável que a epoxidação entre os carbonos 11 e 16 ocorra a partir de intermediário do tipo **56f** formado durante o processo de isolamento (Fraga *et al.*, 1993).

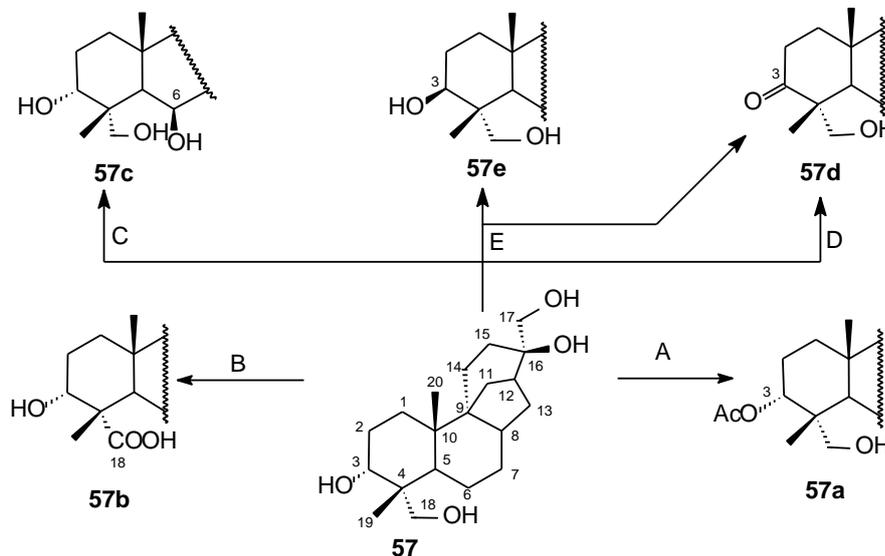
Esquema 6: Biotransformação dos diterpenos **54** e **55** pelo fungo *Gibberella fujikuroi*. Um intermediário tipo **56** pode promover a formação da função 11,16-epoxi durante o processo de isolamento



Fonte: (Fraga *et al.*, 1993)

O **Esquema 7** resume outros exemplos de biotransformação seletiva com o diterpeno **57** (Ipsen *et al.*, 1982).

Esquema 7: Biotransformações seletivas do diterpeno **57** por organismos vivos



A= *Scopulariospsis constanti* ; B= *Trichothecium roseum* ; C= *Streptomyces punipalvus* ; D= *Streptomyces guiscus* ; E= *Chaetomium funiculatum*

Fonte: (Ipsen *et al.*, 1982).

Reações de biohidroxilação, desidrogenação e biodegradação da cadeia lateral de esteróides (e.g. **40**= Colesterol) por micro-organismos têm sido investigadas com grande intensidade e com base em resultados obtidos surgiu a aplicação em escala comercial (Mahato e Banerjee, 1985). Certamente, a intensificação destas investigações com diversos substratos, podendo-se utilizar a intercalação de etapas sintéticas (*in vitro*) e biossintéticas, permitirá a obtenção de produtos úteis, mesmo os mais complexos, e proporcionará o desenvolvimento científico e tecnológico das áreas de conhecimento envolvidas. Estas atividades permitirão superar as dificuldades científicas e econômicas (alto custo e/ou pequeno lucro) na produção de substâncias naturais por síntese quando as quantidades isoladas de fontes naturais não atenderem as necessidades. Por tais razões, várias estratégias podem ser utilizadas para aumentar a produção e modificação de substâncias bioorgânicas e sintéticas. A produção de grandes quantidades de substâncias naturais depende de bioacumulação envolvendo uma integração complexa entre biossíntese, transporte, armazenagem e degradação num ambiente celular especializado. Este trabalho biológico controlado *in vitro* através da utilização de culturas de células e tecidos e micro-organismos permitirá descobrir sistemas de bioprodução com fornecimento amplo e contínuo, afastar fatores ambientais (clima, pragas, fenômenos geográficos e sazonais) e padronizar qualidade e rendimento (Dixon e Lamb, 1990).

O acompanhamento de componentes ativos durante os processos de isolamento tem sido adotado com bastante frequência nos últimos anos. Esta metodologia destina-se especificamente ao isolamento de substâncias com atividade biológica, podendo desprezar, em alguns casos, a existência de precursores inativos presentes em maior percentagem que podem ser transformados no produto ativo por reações simples de laboratório. Obviamente, outras disciplinas e atividades de pesquisa baseadas no quimismo dos organismos vivos, especialmente sistemática, evolução e ecologia químicas, passarão a não contar com dados essenciais e contribuir posteriormente na compreensão dos processos da natureza e seus eventos.

Uma melhor compreensão da vida e da natureza impelem as ciências biológicas, naturais e exatas para uma convergência interdisciplinar que obrigará a alteração dos limites adotados ao longo do tempo para as disciplinas correspondentes. As dificuldades devem ser administradas com sabedoria e

humildade, evitando-se confrontos destrutivos, especialmente quando a percepção evolutiva diagnosticar as tendências retrógradas que imperam com relativa frequência na convivência acadêmica. As perspectivas de cada uma das áreas envolvidas não serão necessariamente bloqueadas pelo interesse interdisciplinar. Os biólogos precisarão conhecer mais química e os químicos mais biologia. As administrações universitárias (nos eixos de atividades meio e fim) poderão contribuir para este processo evolutivo através de ações que conduzam a uma alteração modernizante nas atuais estruturas ineficientes, burocratizadas, corporativistas e debilitadas por acordos da mediocridade. Persistindo as atuais dificuldades de eliminação dos incompetentes e improdutivos, assume importância a criação de departamentos e/ou laboratórios acadêmicos de ensino de graduação, onde todos os docentes participam, e departamentos de pesquisa e pós-graduação, constituídos por docentes titulados e envolvidos produtivamente com atividades de pesquisa e/ou pós-graduação. Os docentes com méritos (competência e produtividade) para participar dos departamentos de pesquisa e pós-graduação podem pertencer a diferentes departamentos acadêmicos de ensino de graduação. Mesmo imaginando as dificuldades de implementação deste sistema, pode-se antecipar uma série de benefícios para os departamentos de pesquisa e pós-graduação no sistema universitário brasileiro, tais como: evitar interferências individuais e colegiadas; eliminar as influências de endogenia; facilitar a criação de critérios para a absorção e permanência de docentes; facilitar intercâmbio interdisciplinar; aplicação de recursos com maior eficiência.

As transformações microbiológicas oferecem novos horizontes para modificações estruturais de substâncias naturais e sintéticas destinadas a vários objetivos, desde introdução e modificação de grupos funcionais a rearranjos moleculares.

Realmente, a aprendizagem e a investigação dos processos orgânicos vitais (animal e vegetal) precisam de contribuições de disciplinas diversas: biologia, bioquímica, química de produtos naturais, biofísica, fisiologia, genético, etc. Tais disciplinas em conjunto são especialmente importantes para a biotecnologia, uma área de pesquisa industrial extremamente ativa, especialmente na procura de novo ou na melhoria de medicamentos existentes (Indústrias Farmacêuticas) e para melhoria e avanço da produção agropecuária.

#### 4. CONTRIBUIÇÃO SOCIAL

Estimativa anual da Organização Mundial da Saúde na década de 90 revelou que mais de 270 milhões de pessoas tomam-se vítimas de malária, causando a morte de 2 a 3 milhões delas (cerca de um milhão como crianças). A resistência adquirida pelo *Plasmodium falciparum* contra medicamentos antimaláricos de amplo uso como a cloroquina (*vide infra*) requereu a procura e descoberta de novos fármacos eficientes, preferencialmente sem efeitos colaterais indesejáveis.

Dados do Ministério da Saúde do Brasil, referentes a 1993, descreveram doenças que afetam drasticamente a população brasileira (**Tabela 1**).

Tabela 1: Ministério da Saúde do Brasil, referente a 1993

<b>Doenças</b>	<b>Vítimas</b>
Malária	530.000
Esquistossomose	5.000.000
Doença de Chagas	5.000.000
Hanseníase	200.000
Tuberculose	100.000
Cólera	39.000
Aids	52.000
Desnutrição	32.000.000

Fonte: Os autores

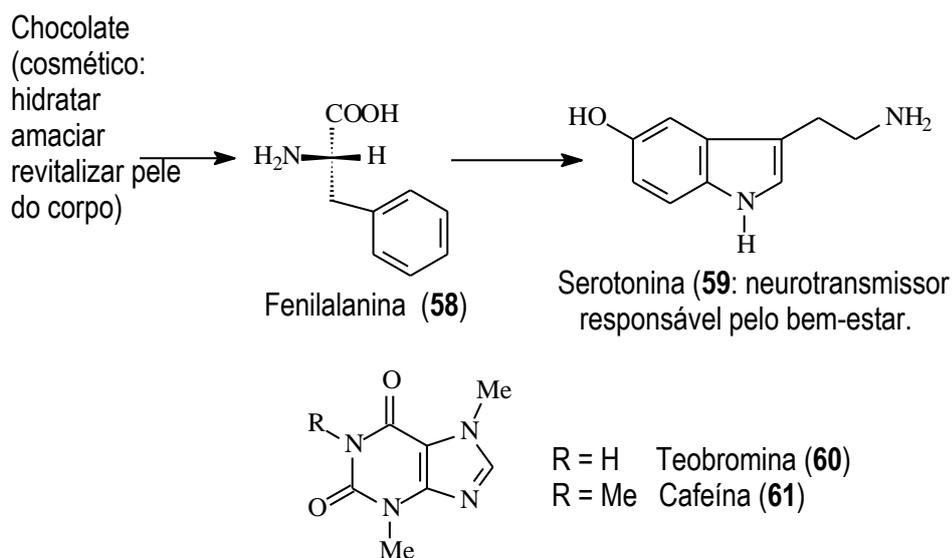
Estima-se a existência de 250.000 espécies de plantas superiores. Cerca de 80% da população dos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento continuam completamente dependentes da medicina caseira utilizando vegetais para as necessidades primárias de saúde. Tem sido estimado que somente 5-15 % destas espécies foram investigadas, restando uma fonte natural de inúmeros organismos vivos contendo arsenais de substâncias inéditas e forte potencial de substâncias naturais bioativas, incluindo-se fontes de matérias primas para o desenvolvimento de novos fármacos.

As atividades desenvolvidas pela química de produtos naturais promovem processo de formação de recursos qualificados de importância fundamental para os países emergentes.

Os benefícios químicos do agradável produto de origem vegetal, tradicionalmente conhecido chocolate (combustível humano), é produzido das sementes do cacau, espécie *Theobromacacao* Lin. (família Malvaceae), que também fornece Fenilalanina (**58**) como precursor para a bioprodução da Serotonina (**59**),

substância importante para combater a depressão e a ansiedade (**Esquema 8**). Outras substâncias também importantes (estimulantes) são as famosas Teobromina (**60**) e a Cafeína (**61**), além de flavonóides antioxidantes.

Esquema 8: Produtos naturais de sementes do *Theobramacacao* Lin. (cacau família Malvaceae)



Fonte: Os autores

Aproximadamente 25% das prescrições médicas nos Estados Unidos incluem substâncias naturais como princípio ativo, obtidas de plantas de regiões temperadas e tropicais, o que corresponde ao valor estimado de 900 milhões de dólares na circulação comercial. A utilização de diversas plantas na medicina popular representa uma investigação pré-clínica que não pode ser ignorada ou desprezada. Em torno de 74% dos principais produtos medicinais obtidos de vegetais foram descobertos através de orientação baseada em resultados revelados pela medicina populartradicional (Centry, 1993).

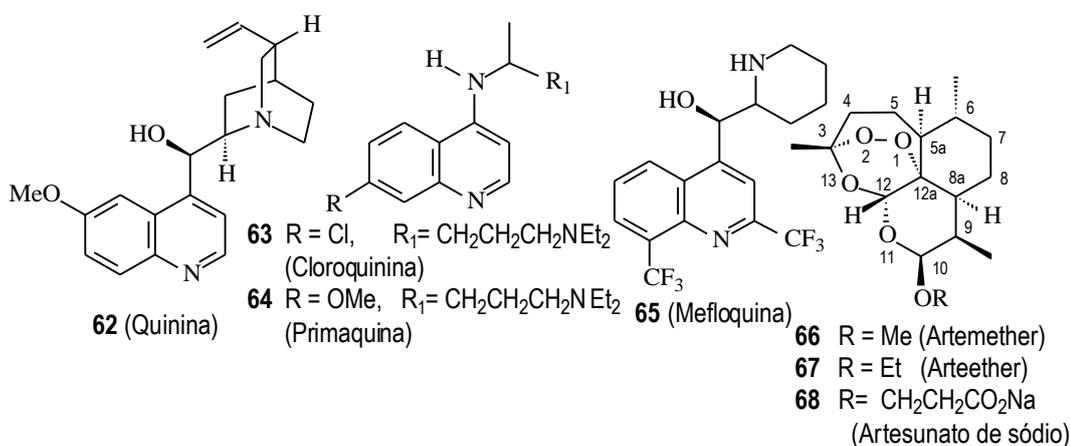
#### 4.1 ANTIMALÁRICOS NATURAIS E SEMISSINTÉTICOS

O Brasil convivia, em 1993, com 530.000 vítimas de malária (**Tabela I**), doença provocada por protozoários de gênero *Plasmodium*, (*P. Vivax*, *P. malariae*, *P. ovale* e

*P. falciparum*) que invadem o sistema circulatório das glândulas salivares e as fêmeas infestadas dos mosquitos *Anopheles*.

Dois antimaláricos naturais, Quinina (**62**) e Artemisinina (**21**), podem ser utilizados como exemplos marcantes numa demonstração clara do enorme potencial de produtos naturais como fontes de fármacos e de matéria prima para produção de substâncias também ativas semissintéticas [Cloroquinina(**63**), Primaquina(**64**) e Mefloquina(**65**); Artemether (**66**),Arteether (**67**),Artesunato de sódio (**68**)], na busca de maior atividade e eliminação ou redução de efeitos nocivos.

Figura 9: 62; 63; 64; 65; 66; 67; 68



Fonte: Os autores

A resistência adquirida pelo *Plasmodium falciparum* contra medicamentos antimaláricos de amplo uso, como a Cloroquina (**63**), provocaram a descoberta de novos fármacos eficientes, preferencialmente sem efeitos colaterais indesejáveis.

Na década de 70 surgiu um potente agente antimalárico natural (**21**), isolado de *Artemisia annua* (família Asteraceae), essencialmente sem toxidez. Os resultados obtidos com esta substância natural na República Popular da China, a preparação de derivados mais potentes e os 16 séculos de uso popular de *Artemisia annua* A. Apiacea, para tratamento de malária, por indicação da *Encic!opédia de Matéria Médica* daquele País, continuam servindo como estímulo adicional para promover a retomada desses fatos históricos marcantes (Braz-Filho, 1994).

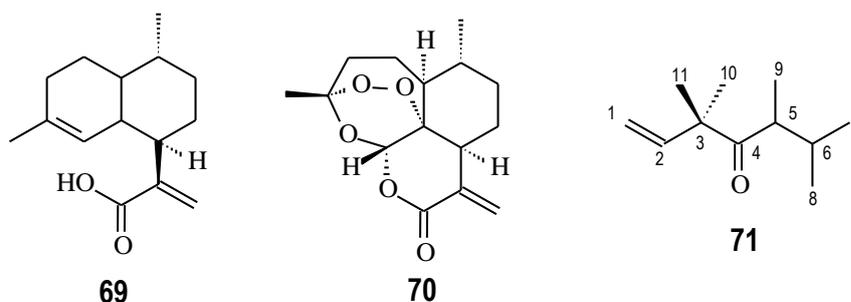
.O gênero *Artemisia* engloba cerca de 300 espécies, sendo que a investigação de outras 100 espécies (30 por pesquisadores chineses e 70 por pesquisadores

americanos) revelou a ausência de Artemisinina (**21**), exceto numa variedade japonesa de *A. apiacea* (rendimento de 0,0008%) e na *A. lancea*.

O interesse despertado pela importância medicinal da Artemisinina (**21**) como antimalárico estimulou intensa investigação na busca de outros constituintes de *Artemisia annua* de outras espécies do mesmo gênero (*Artemisia*). Na *A. annua* o bioconstituente mais abundante é o Ácido artemisínico (Ácido arteanúico, **69**), com rendimento 8 a 10 vezes maior que Artemisinina (**21**). Além disto, a planta produz outros sesquiterpenóides. A quantidade isolada de Ácido artemisínico isolada permitiu sua utilização como substrato para obtenção de derivados sesquiterpenóides: Artemisiteno (**70**, isolado da planta em baixo rendimento e com menor atividade antimalária do que a Artemisinina), Artemisinina (**21**), Desoxiartemisina, Desoxiartemisinina, Homodesoxoartemisinina e Artenuína B (Klaynnnet *al.*, 1993).

Além dos terpenóides citados e dos componentes do óleo essencial, foram isolados de *A. annua* dois alcoóis alifáticos, cumarinóides, flavonóides, fenóis, ésteres, um alcaloide e  $\beta$ -glicosidases, demonstrando a potencialidade química da planta. O componente principal (35,7%) do óleo essencial é a 3,3,6-trimetil-1,5-heptadien-4-ona **71** (Klaynnnet *al.*, 1993).

Figura 10: 69; 70; 71



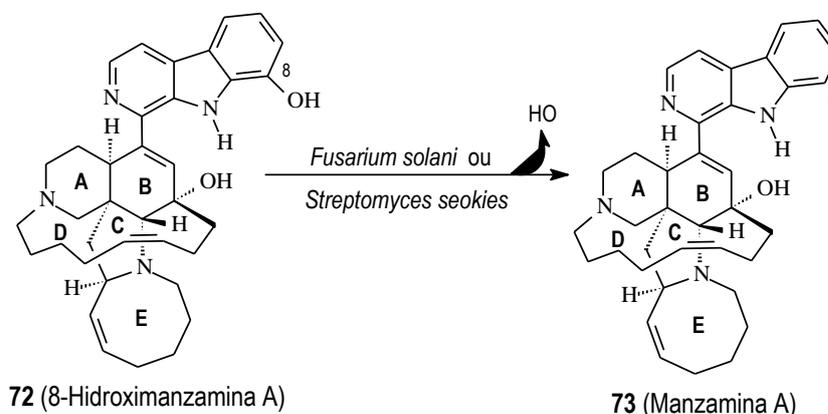
Fonte: Os autores

Principalmente na República Popular da China e nos Estados Unidos, foram preparados cerca de 100 derivados semissintéticos da Artemisinina (**21**), todos mantendo a função endoperóxido, que é essencial para a atividade antimalária (Klaynnnet *al.*, 1993).

A medicina popular Chinesa tem também usado a mistura dos alcalóides Febrifugina e Isofebrifugina, originalmente isolada de raízes de *Dichroa febrifuga* e extraída também das folhas e bulbos de

*Hydrangeamacrophyllavar. Otaksa*, há mais de 4000 anos, para tratamento de malária (Kumaret *et al.*, 2009).

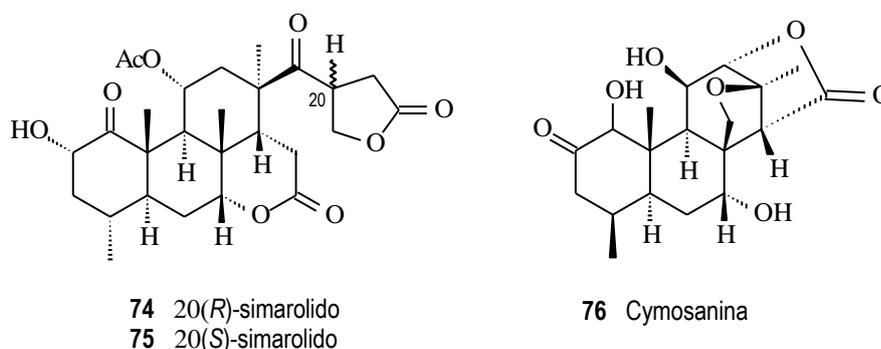
Esquema 9: Conversão biocatalítica 8-hidroximanzamina A (8-OHMA, 72) em Manzamina A 73



Fonte: (Kim *et al.*, 2009)

A classe das substâncias naturais conhecidas como quassinóides, comuns em espécies da família Simaroubaceae, envolve mais de 150 compostos orgânicos, incluindo-se os que se destacam como componentes de grupo que ocupa ampla faixa de atividades biológicas, tais como anticancerígenos, antimaláricos, antiviral, antiinflamatórios, inseticidas, amebicidas, antiúlceras, herbicidas. Temos contribuído significativamente para esta classe de produtos naturais, através da caracterização de substâncias inéditas [e. g. **74e75** isolados de *Simabacuneato* (Vieira *et al.*, 1999) e **76** de *Simabasubcymosa*(Sousa *et al.*, 2005)] e publicação de capítulo de livro impresso e lançado no exterior(Vieira e Braz-Filho, 2005),além da expressiva contribuição para formação de recursos humanos qualificados.

Figura 11: 74; 75; 76



Fonte: Os autores

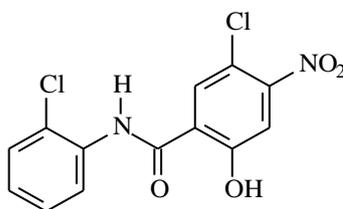
A malária continua destacando-se como um das mais expressivas doenças infecciosas, matando mais 1 milhão de pessoas anualmente no mundo, surgindo contagiados por ano mais de 500 milhões. Tal cenário justifica a existências no Chemical Abstract mais de 4.094 referencias envolvendo Artemisinina (**21**).

## 4.2 ANTI-ESQUISTOSSOMÓTICOS NATURAIS

A esquistossomose afeta a vida de 5 milhões de brasileiros (**Tabela I**). Trata-se de uma doença endêmica do 3º mundo, que atinge mais de 250 milhões de pessoas distribuídas em 76 países, alcançando principalmente as populações rurais (Maillard *et al.*, 1995). Uma das vias de controle desta doença tropical envolve o combate de veículos transmissores. Destacaram-se como principais agentes na disseminação da doença nos seres humanos: *Schistosoma haematobium*, *S. mansoni* e *S. japonica*.

A 2,5'-dicloro-4'-nitroso-1-icilamilida (Niclosamida, **77**, conhecida como Bayluscida) tornou-se produto recomendado pela Organização Mundial da Saúde, porém seu preço inviabilizou o uso rotineiro nos países pobres.

Figura 12: 77



**77**

Fonte: Os autores

A toxicidade das drogas sintéticas disponíveis no mercado, a resistência adquirida pelos veículos transmissores, a poluição ambiental decorrente do combate aos transmissores e a disponibilidade de plantas com atividade moluscicida, passaram a exigir uma ação coordenada efetiva e consistente para a investigação de plantas locais (onde ocorra a doença e existam veículos transmissores). A potente atividade revelada pelas saponinas naturais isoladas de *Phytolaccadodecandra*, família Phytolaccaceae, despertou o interesse para a investigação de plantas visando também o controle e o combate da esquistossomose e seus veículos transmissores.

A literatura (Maillardet *al.*, 1995) registrou critérios para definir plantas eficientes com possibilidades para revelar atividade moluscicida, destacando-se principalmente:

a) alta atividade moluscicida. Os extratos brutos de onde poderão ser isolados componentes ativos devem revelar atividade em concentração menor do que 100mg/L, já que a ação do moluscicida sintético Bayluscida (77) revelou atividade de 1mg/(LC<sub>100</sub> = 0,3mg/L (após 24h de tratamento) contra o transmissor *Biomphalaria glabrata*;

b) as plantas responsáveis pela atividade devem crescer, nativas ou cultivadas, facilmente no local onde ocorre a endemia, utilizando-se para extração preferencialmente flores, frutos ou folhas, evitando a destruição do organismo vegetal.

c) extração dos constituintes com água, o que torna o processo de isolamento mais barato. Esta orientação baseou-se na solubilidade das saponinas (glicosídeos) em água.

As saponinas triterpênicas isoladas dos frutos de *Phytolacca dodecandra* foram estudadas intensamente e revelaram alta atividade moluscicida, assumindo condições favoráveis e promissoras para eficiente utilização. Outras plantas demonstraram também atividade moluscicida: *Ambrosia maritima* (família Asteraceae) no Egito, *Acacia nilotica* (família Leguminosae) no Sudão, *Anarcadium occidentale* (família Anarcadiaceae) em Moçambique, *Swartzia madagascariensis* (família Leguminosae) e *Tetrapleura tetráptera* (família Leguminosae-Mimosoideae) na África e *Sapindus rarak* (família Sapindaceae) na Ásia.

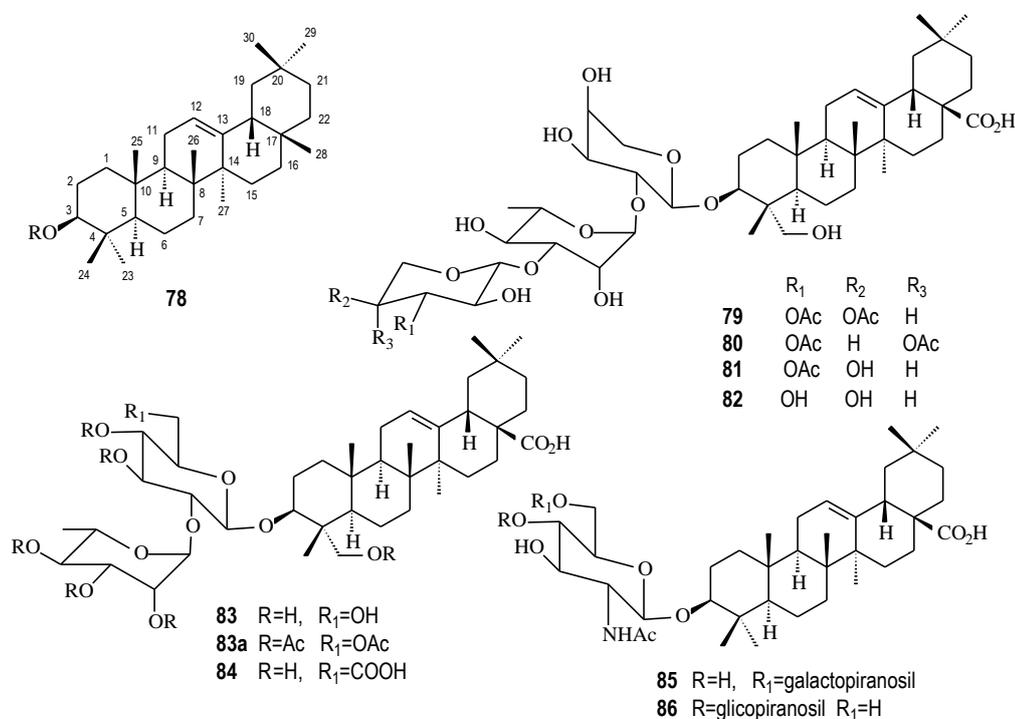
O isolamento e a elucidação estrutural dos constituintes de extratos tornaram-se essenciais para estudos adicionais sobre toxicidade, estabilidade nas condições de uso, dosagem, estudos de estrutura-atividade, tipos eficientes de metabolitos úteis e efeitos fisiológicos e genéticos.

A atividade moluscicida dos glicosídeos triterpenóides (saponinas) depende da natureza, da seqüência e das ligações interglicosídicas dos carboidratos que constituem a unidade carboidrática e da presença de substituintes na unidade aglicona triterpênica. Os diglicosídeos revelaram-se mais ativos do que os mono- e triglicosídeos.

Para citar como exemplo glicosídeos contendo o esqueleto básico oleanônico (78) como aglicona, selecionou-se saponinas (79-82) isoladas de *Sapindus rarak* (Maillardet *al.*, 1995) como referência para análise comparativa com o

glicosídeo **83** isolado de *Sapindussaponaria*, através de trabalho desenvolvido na Universidade Federal do Ceará (Lemos *et al.*, 1992).

Figura 13: 78; 79; 80; 81; 82; 83; 84; 85; 86



Fonte: Os autores

A atividade moluscicida revelada pelo extrato metanólico do pericarpo de *Sapindusrarak*(família Sapindaceae) foi usada para monitorar investigação química. As quatro saponinas triterpênicas isoladas desse extrato, por métodos cromatográficos, foram caracterizadas como **79-82** através de dados espectrométricos.

Ensaio farmacológico realizado com estas substâncias naturais isoladas revelaram as saponinas **79, 80 e 82** com maior atividade(LC<sub>100</sub>/24 h= 6,25mg/L) do que **81** (LC<sub>100</sub>=12,5mg/L), sendo as quatro menos ativas do que as outras saponinas naturais conhecidas(Maillard *et al.*, 1995).

O triterpeno glicosídico **83**, isolado do extrato etanólico da casca dos frutos de *Sapindussaponaria*, como derivado acetilado (**83a**), contém a mesma unidade aglicônica de **79-82** e a unidade carboidrato análoga à presente em **84**, saponina mais ativa (LC<sub>100</sub>/ 24h = 3mg/L) contra os transmissores *Bulinus glabosuse* e *Biomphalaria glabratae* destacada entre aquelas isoladas de frutos de

*Swartziamadagascariensis*(família Leguminosae). Esta comparação estrutural permite cogitar da atividade moluscicida da saponina **83**. O derivado peracetilado **83a** revelou ação antimicrobiana (medida em mm de inibição) em testes realizados contra *Pseudomonasaeruginosa*(8mm; Estreptomicina:6mm), *Bacillus subtilis*(9mm; Estreptomicina: 11mm) e *Criptococcusneaformans* (7mm; Anfotericina: 9mm)(Lemos *etal.*, 1992).

Atualmente se faz sentir a necessidade de esforço adicional para reinvestigação de *Sapindussaponaria*, especialmente os frutos, como fonte renovável de material. A probabilidade de encontrar uma planta com atividade moluscicida nas áreas endêmicas é muito baixa e, por isto, as oportunidades que aparecem não podem ser desprezadas ou abandonadas.

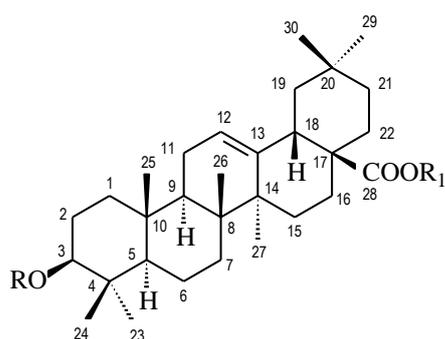
Os diglicosídeostriterpênicos **85** e **86**, isolados de frutos de *Tetrapleuratetraptera*Taub. (Família Leguminosae-Mimnosoideae), foram classificados entre os mais poderosos moluscicida naturais, com atividade semelhante à das saponinas triterpênicas produzidas por *Phytolaccadodecandra*, família Phytolaccaceae (Maillardet *al.*, 1995). A presença do grupo NHAc não é essencial por que as saponinas de *P. dodecandra* não contêm este grupamento (Dorsaz; Hostettmann, 1986).

Outras atividades biológicas de triterpenos naturais foram registrados, tais como: efeitos contra câncer (grupos lupano, ursano, oleanona, damarano, eufano), anti-inflamatórios, anti-microbianos, anti-plasmódicos, anti-ulcerogênicos anti-cariogênicos, anti-viral, anti-HIV, hepato-protetores, cardio-protetores e analgésicos (Dzubaket *al.*, 2006; Spanget *al.*, 2004).

Mais da metade das saponinas triterpênicas apareceu surpreendentemente como glicosídeos de ácido oleanólico (**87**) e seus derivados, frequentemente sustentando unidade carboidrática envolvendo função éter no átomo de carbono CH-3 e éster no carbono C-28. Tais circunstâncias estruturais justificam o surgimento de diversos artigos envolvendo a síntese, intensificando-se o interesse pela produção de maior quantidade de substâncias naturais por via sintética para permitir as investigações de atividades biológicas sem as restrições impostas pelas pequenas quantidades isoladas dos organismos vivos. Pesquisadores chineses destacam-se nas investigações de métodos sintéticos mais eficientes (Shaet *al.*, 2008; Huang *et al.*, 2009).

Cheng e colaboradores (Shaet *al.*, 2008) sintetizaram quinze saponinas do ácido oleanólico (**87**): cinco 3-monossacarídeos (**88-92**) três 28-monossacarídeos (**93-95**), dois 3-dissacarídeos (**96-97**), dois 28-dissacarídeos (**98-99**), três 3-monossacarídeos-28-monossacarídeos (**100-102** e um 3-monossacarídeo-28-dissacarídeos (**103**). Somente duas reações revelaram rendimento total abaixo de 50 % (28 e 44 %), tendo as demais alcançado resultado entre 54 e 79 % (Shaet *al.*, 2008).

Figura 14: 87; 88; 89; 90; 91; 92; 93; 94; 95; 96; 97; 98; 99; 100; 101; 102; 103



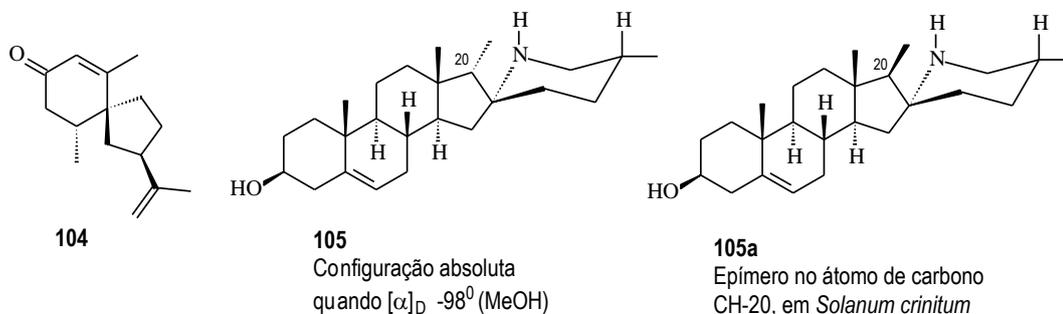
- 87** R = R<sub>1</sub> = H  
**88** R = β-D-glicopiranosil, R<sub>1</sub> = H  
**89** R = β-D-galactopiranosil, R<sub>1</sub> = H  
**90** R = β-D-xilopiranosil, R<sub>1</sub> = H  
**91** R = α-L-arabinopiranosil, R<sub>1</sub> = H  
**92** R = α-L-ramnopiranosil, R<sub>1</sub> = H  
**93** R = H, R<sub>1</sub> = β-D-galactopiranosil  
**94** R = H, R<sub>1</sub> = β-D-xilopiranosil  
**95** R = H, R<sub>1</sub> = α-L-ramnopiranosil  
**96** R = β-D-galactopiranosil-(1→4)-β-D-glicopiranosil, R<sub>1</sub> = H  
**97** R = α-D-glicopiranosil-(1→4)-β-D-glicopiranosil, R<sub>1</sub> = H  
**98** R = H, R<sub>1</sub> = β-D-galactopiranosil-(1→4)-β-D-xilopiranosil  
**99** R = H, R<sub>1</sub> = α-D-glicopiranosil-(1→4)-β-D-glicopiranosil  
**100** R = β-D-galactopiranosil, R<sub>1</sub> = β-D-glicopiranosil  
**101** R = α-L-arabinopiranosil, R<sub>1</sub> = β-D-glicopiranosil  
**102** R = β-D-galactopiranosil, R<sub>1</sub> = β-D-xilopiranosil  
**103** R = β-D-xilopiranosil, R<sub>1</sub> = α-D-glicopiranosil-(1→4)-β-D-glicopiranosil

Fonte: Os autores

Dezessete extratos alcaloídais de folhas, frutos, raízes e outras partes aéreas de sete espécies do gênero *Solanum* (*S. agrarium*, *S. jabrense*, *S. melissarum*, *S. megalanys*, *S. paludosum*, *S. paraibanum* e *S. stipulaceum*), família Solanaceae, encontradas no nordeste brasileiro foram testadas para avaliar a atividade moluscicida, através de aplicações em *Biomphalaria glabrata*, o hospedeiro intermediário de *Schistosoma mansoni*. Seis dos dezessete extratos testados revelaram atividade, sendo que, duas espécies (*S. jabrense* e *S. stipulaceum*) forneceram resultados efetivo para possibilitar a utilização no controle de esquistosomose (Silva *et al.*, 2006). A Solavetivona (**104**) e a Solasodina (**105**) foram isoladas de *S. jabrense* (Silva *et al.* 2002; Esteves-Souza, 2002). Um

alcalóideesteroidal isolado de *Solanum criticum* foi recentemente caracterizado como 20-*epi*-solasodina (**105a**).

Figura 15: 104; 105; 106

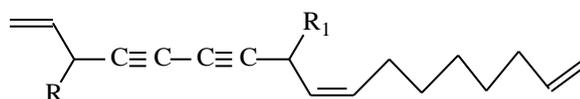


Fonte: Os autores

### 4.3 ANTIDENGUE NATURAIS

Pesquisadores do instituto de farmacognosia e fitoquímica da Universidade de Lausanne, Suíça, investigaram 386 extratos de plantas para avaliara atividade contra o *Aedes aegypti*, mosquito responsável pela dengue hemorrágica que ocorre na Asia, África e Américas (Maillardet *al.*, 1995).O extrato diclorometânico de *Artemisiaborealis*(família Asteraceae), uma das 46 (12%) plantas que revelaram atividade contra *A. aegypti*, forneceu os policetídeos acetilênicos **106** e **107**, que demonstraram forte atividade, porém, a estabilidade relativamente baixa destas substâncias naturais revelou-se como característica desfavorável para a implementação de uso prático (Maillardet *al.*, 1995).

Figura 16: 106; 107



**106** R=OH, R<sub>1</sub>=H

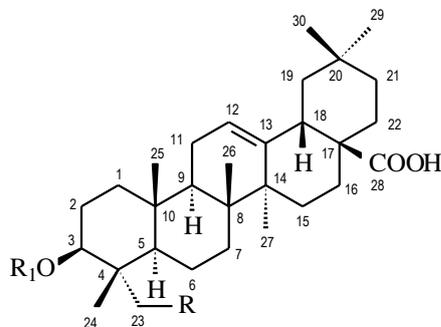
**107** R=R<sub>1</sub>=OH

Fonte: Os autores

As saponinas oleanólicas isoladas de *Pentaclethramacroloba* (**108-111**), família Fabaceae, e de *Cordiapiahuiensis* (**112**), família Boraginaceae, foram investigadas

para avaliar atividade biológica contra *Aedes aegypti*. (Santiago *et al.*, 2005), mosquito responsável pela dengue hemorrágica (*vide infra*).

Figura 17: 108; 109; 110; 111; 112

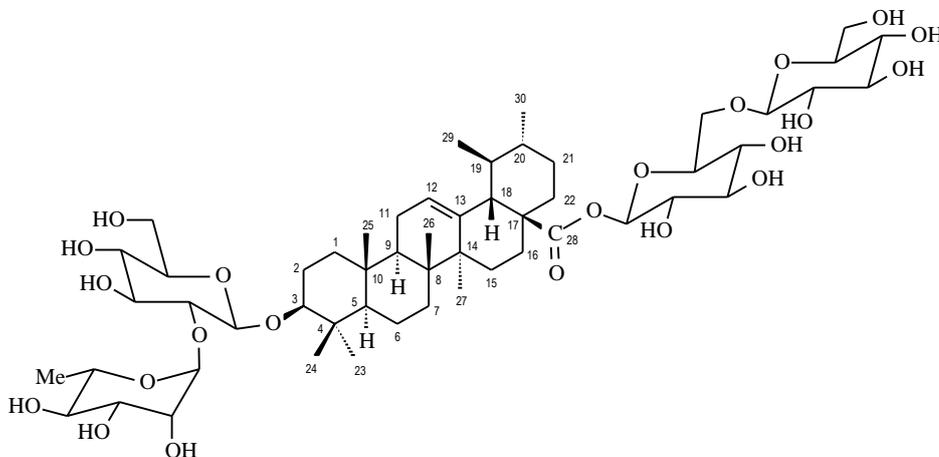


**108** R=CH<sub>2</sub>OH, R<sub>1</sub>= α-L-ramnopiranosil-(1→2)-α-L-arabinopiranosil

**109** R=CH<sub>3</sub>, R<sub>1</sub>= β-D-glicopiranosil-(1→4),α-L-ramnopiranosil-(1→2)-α-L-arabinopiranosil

**110** R=CH<sub>3</sub>, R<sub>1</sub>= β-D-glicopiranosil-(1→3)-α-L-ramnopiranosil-(1→2),β-D-glicopiranosil(1→4)-α-L-arabinopiranosil

**111** R=CH<sub>2</sub>OH, R<sub>1</sub>= β-D-glicopiranosil-(1→2)-β-D-glicopiranosil-(1→4)-β-D-glicopiranosil-(1→3)-α-L-ramnopiranosil-(1→2),β-D-glicopiranosil(1→3)-β-D-glicopiranosil(1→4)-α-L-arabinopiranosil



**112** 3β-O-[α-L-ramnopiranosil-(1→2)-β-D-glicopiranosil]ursolato de 28-O-[β-D-glicopiranosil-(1→6)-β-D-glicopiranosil]

Fonte: Os autores

O resultado experimental da avaliação da atividade larvicida das saponinas triterpênicasglicolisadas**108–112** revelou a substância natural **108**, isolada das sementes de *Pentaclethramacroloba*, como mais ativa. Este resultado confirmou a atividade inseticida atribuída às sementes desta planta (Santiago *et al.*, 2005; ChUNET

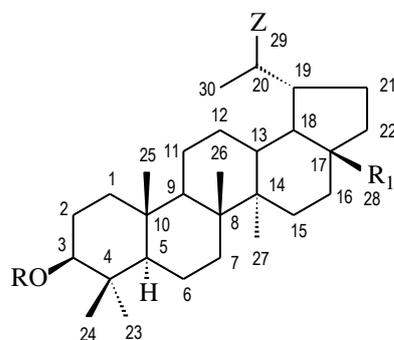
*al.*, 1994). Com base nos resultados experimentais obtidos, pode-se sugerir as substâncias naturais **108**, **109** e **110** como promissoras agentes larvicidas. Curiosamente, a atividade larvicida passa por redução com o aumento do número de unidades carboidráticas (Santiago *et al.*, 2005).

Triterpenóides surgiram também como agente anti-HIV (*vide infra*) e, recentemente, as saponinas triterpênicas isoladas de *Ampelozizyphus amazonicus*, planta usada na medicina popular brasileira, revelaram efeito diuréticos em ratos (Diniz *et al.* 2009).

#### 4.4 SUBSTÂNCIAS NATURAIS COM ATIVIDADE ANTI-HIV

Os triterpenóides lupânicos **113** (Ácido betulínico) e **114** (Ácido platânico), isolados do extrato metanólico das folhas de *Zyzigium claviforme* (Roxb.) Wall (família Myrtaceae) juntamente com o lupeol (**115**), revelaram atividade anti-HIV (Human Immunodeficiency Virus), o mesmo ocorrendo com os derivados (**113b** - **113h**) obtidos por transformações químicas de **113** (Fugioka *et al.*, 1994).

Figura 18: 113; 113a; 113b; 113c; 113d; 113e; 113f; 113g; 113h; 114; 115



R	R <sub>1</sub>	Z
<b>113</b> H	COOH	=CH <sub>2</sub>
<b>113a</b> H	CH <sub>2</sub> OH	=CH <sub>2</sub>
<b>113b</b> H	CO <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	=CH <sub>2</sub>
<b>113c</b> COCH <sub>3</sub>	COOH	=CH <sub>2</sub>
<b>113d</b> COC <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	COOH	=CH <sub>2</sub>
<b>113e</b> COCH=CHCH <sub>3</sub>	COOH	=CH <sub>2</sub>
<b>113f</b> SO <sub>2</sub> K	COOH	=CH <sub>2</sub>
<b>113g</b> COCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> H	COOH	=CH <sub>2</sub>
<b>113h</b> H	COOH	CH <sub>3</sub>
<b>114</b> H	COOH	O
<b>115</b> H	CH <sub>3</sub>	=CH <sub>2</sub>

Fonte: Os autores

A investigação da atividade inibitória destas substâncias na replicação de HIV em linfócitos H9 permitiu aos autores Fugioka *et al.* (1994), as seguintes deduções:

a) o derivado ácido 20,29-diidrobetulínico (**113h**) revelou-se mais potente do que **113** e **114** (29-*nor*-triterpenóide), demonstrando que o tipo de substituinte sustentado pelo átomo de carbono C-19 (**113** com grupo isopropenila, **114** com acetila e **113h** com isopropil) assumiu importância na atividade anti-HIV;

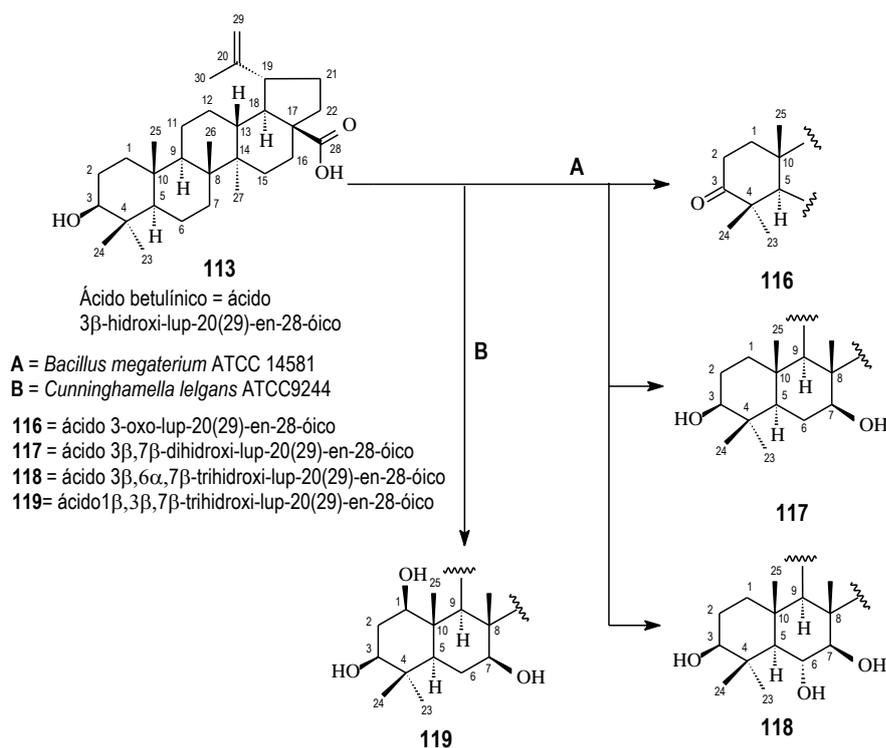
b) A substituição do grupo carboxila de carbono C-17 por -CH<sub>2</sub>OH (**113a**, betulina) ou a conversão em grupamento éster por reação de esterificação (**113b**) diminui a atividade anti-HIV;

c) A esterificação do grupo hidroxila localizada no carbono C-3 (**113c-113g**) produziu redução na ação anti-HIV, revelando que a presença desta função hidroxila é essencial para o desempenho da atividade como agente anti-AIDS.

A importância do Ácidobetulínico (**113**) estimulou o desenvolvimento de novas atividades de pesquisa, na busca inclusive de produtos derivados dotados de outras atividades biológicas através de biotransformações químicas (Samir *et al.*, 2000) e utilizando reagentes e novas reações químicas (Goff & Thorson, 2009; Gauthier *et al.*, 2009a; Gauthier *et al.*, 2009b; Gauthier *et al.*, 2009c).

Transformações microbiológicas (biotransformações, **Esquema 10**) para obtenção de substâncias mais ativas e/ou menos tóxicas assumiu interesse social e econômico, principalmente quando tais conversões seletivas através de modificações sintéticas revelaram dificuldades (Samir *et al.*, 2000).

Esquema 10: Biotransformação do Ácido betulinico 113

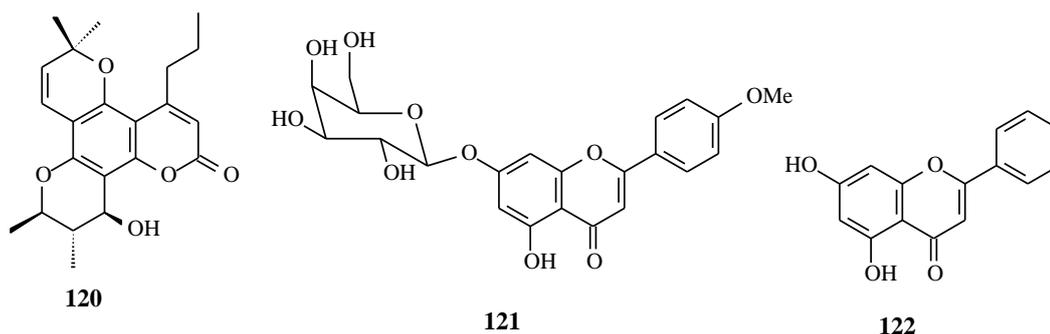


Fonte: (Samir *et al.*, 2000)

As transformações microbiológicas de substâncias naturais e sintéticas oferecem novos horizontes para modificações estruturais destinadas a vários objetivos, de introdução e modificações de grupos funcionais a rearranjos moleculares.

Outras classes de substâncias naturais têm também revelado potente atividade inibidora sobre HIV, podendo-se citar como exemplos adicionais a cumarina **120** (Cardellina II *et al.*, 1993; Clark *et al.*, 1993) e o flavonóide 7-O-β-D-galactopiranosilacetina (**121**), isolado das flores de *Chrysanthemum morifolium* (família Compositae) juntamente com mais sete conhecidos, e a também conhecida flavona crisina (**122**), que se revelou mais ativa (Hu *et al.*, 1994).

Figura 19: 120; 121; 122



Fonte: Os autores

#### 4.5 SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS NATURAIS COMO ANTICANCERÍGENOS

A grande demanda por Taxol (1) nos Estados Unidos, utilizado para tratamento do câncer de mama, promoveu intensas investigações para a obtenção desta substância natural e seus derivados. O Instituto Nacional de Câncer dos USA assumiu a coordenação de programa destinado à obtenção desta substância orgânica natural e outras incluídas no mesmo objetivo ou interesse correlacionado.

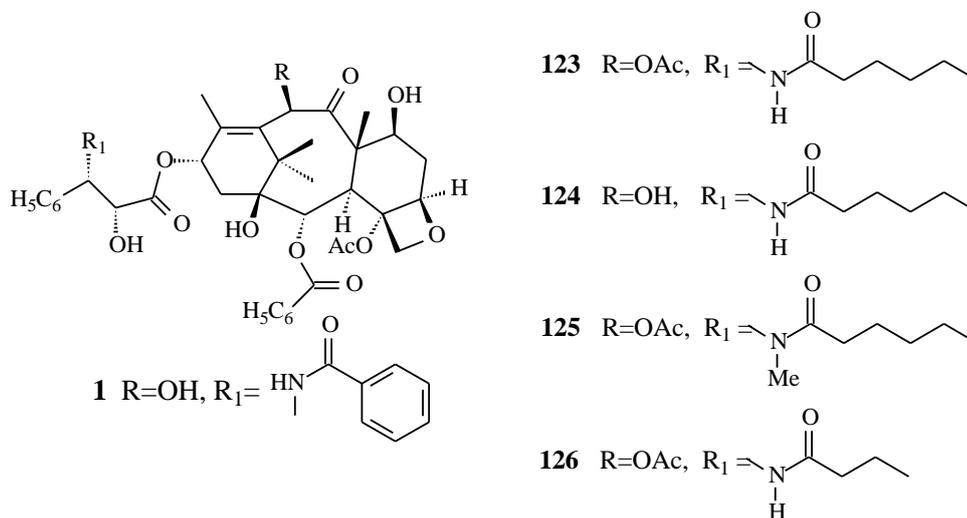
O baixo rendimento (~0.02%) fornecido pela espécie vegetal *Taxus brevifolia*, família Taxaceae, inviabilizou o atendimento da demanda normal para suprir as exigências de saúde do próprio país. Entre as tentativas para superação deste problema programaram a investigação de outras espécies do mesmo gênero *Taxus*, preparação de produto semi-sintético utilizando como matéria prima taxóides apropriados e mais abundantes, cultura de células (fonte renovável) e síntese total.

Duas rotas de síntese total do taxol (Scripps Research Institute, La Jolla University of California, San Diego e Florida State University, Tallahassee) foram descritas na literatura (Borman, 1994).

Cultura de células do tecido do caule de *Taxus baccata* (Ma *et al.*, 1994), produziu quatro novos taxóides (123-126) com atividade semelhante à desempenhada pelo taxol (1, página 7). Os baixos rendimentos obtidos devem servir como estímulo adicional para a continuação do desenvolvimento desta linha de atividade de investigação químico-biológica, que assume grande importância pela contribuição na preservação da vida, na cura de doenças, na manutenção e compreensão dos

fenômenos que comandam a natureza, além do desenvolvimento sócio-econômico como consequência.

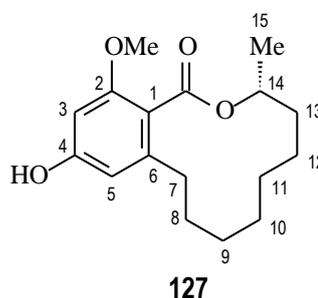
Figura 20: 123; 124; 125; 126



Fonte: Os autores

A lactonamacrocíclicala siodiplodina (**127**), substância natural isolada de *Euphorbiasplendus* (família Euphorbiaceae), revelou potente atividade antileucêmica (Lee *et al.* 1982). Esta substância foi também isolada em pequena quantidade de *Annona dioica*, (família Anonaceae), sendo que a possibilidade enantiomérica (o carbono 13 é quiral e permite dois estereoisômeros) ainda não foi definitivamente estabelecida (dos Santos *et al.*, 2003).

Figura 21: 127

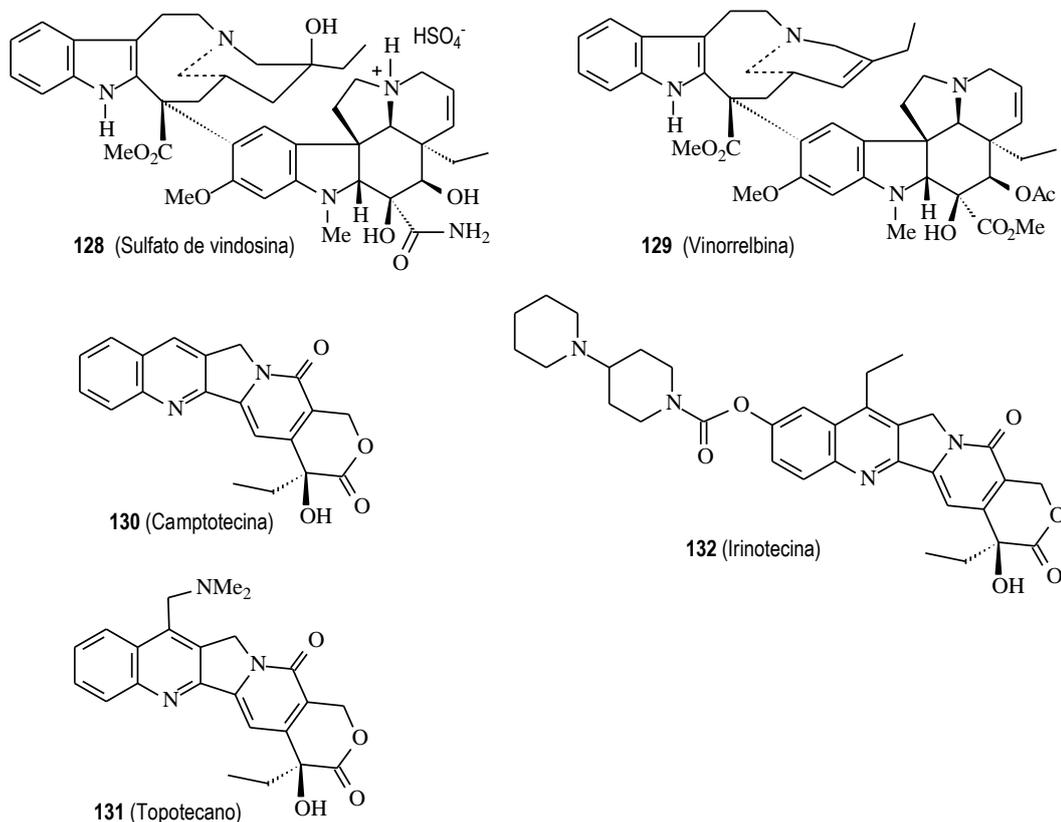


Fonte: Os autores

Entre os medicamentos antitumorais de origem vegetal destacam-se os produtos naturais e os correspondentes derivados bioproduzidos pelas espécies *Catharanthus roseus* ou *Vinca rósea*, família Apocynaceae (**14** e **15**, página 8, e seus

derivados **128** e **129**), *Camptothecaacumata*, família Nyssaceae (**130** e seu derivados **131** e **132**) e *Podophyllumpeltatum* e *P. emodi*, família Berberidaceae (**16** e **17**, derivados de **18**, página 8) (Marina, 2009).

Figura 22: 128; 129; 130; 131; 132

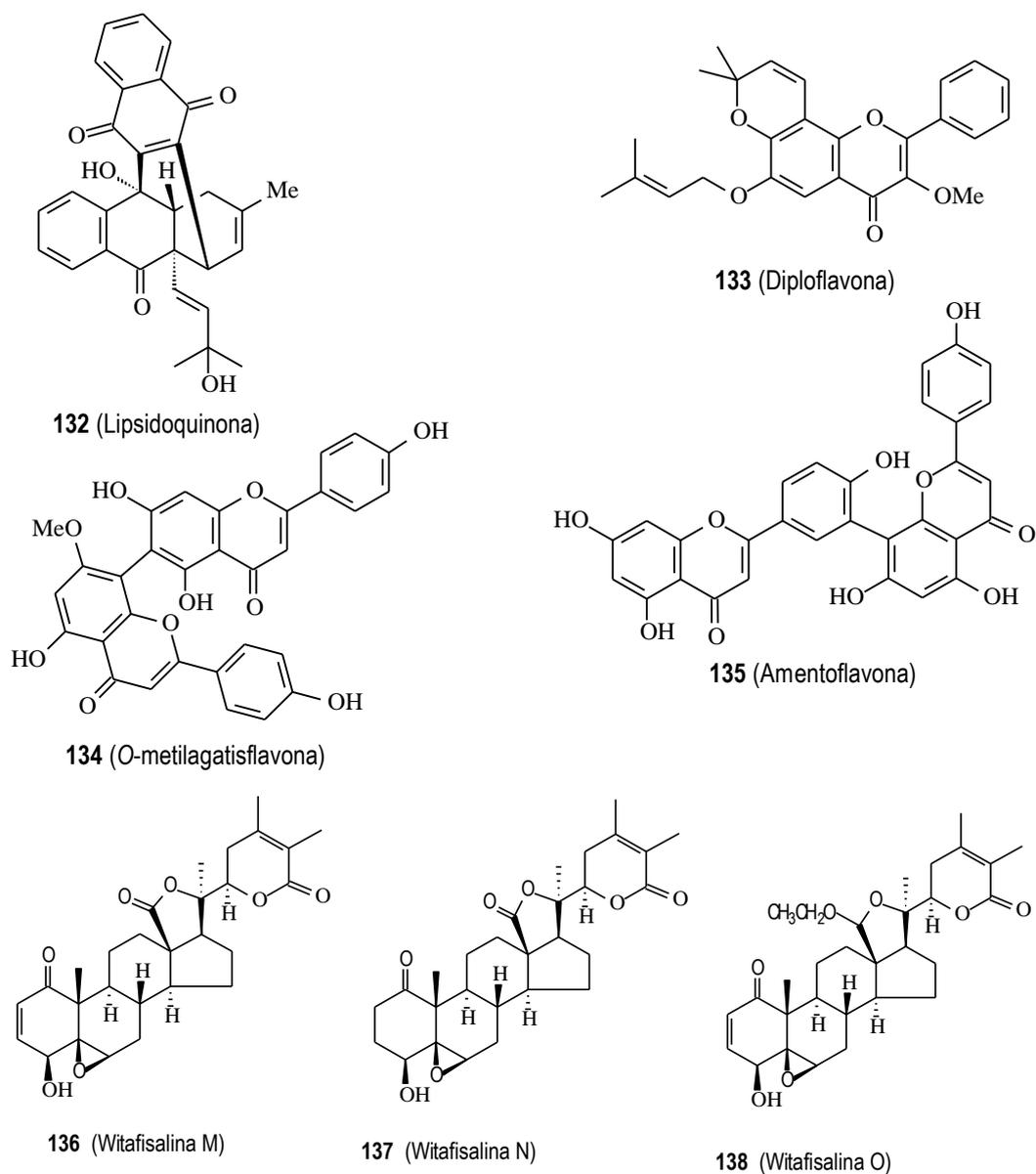


Fonte: Os autores

O Brasil conta atualmente com grupos de pesquisa empenhados em investigações de substâncias naturais anticancerígenas e outras atividades biológicas, podendo-se citar como exemplos alguns resultados publicados em periódicos científicos de circulação internacional. A naftoquinona **132**, denominada Lipsidoquinona, isolada de *Lippiasidoides*, família Verbenaceae (Costa *et al.*, 2001), o flavonóide **133**, denominada Diploflavona, isolada de *Diploptropis ferruinea*, família Fabaceae (Almeida *et al.*, 2005), biflavonóides **134** e **135**, isolados das espécies *Ouratea hexasperma* e *Ouratea semiserrata*, respectivamente, família Ocnaceae (de Carvalho *et al.* 2002), as witaflisalinas **136** (Witaflisalina M), **137** (Witaflisalina N) e **138** (Witaflisalina O) isoladas das folhas de *Acnistus arborescens*, família Solonaceae. (Vera *et al.*, 2004a; Vera *et al.*, 2004b). As investigações biológicas destas

Witafisalinas M, N e O revelaram atividades tripanocida (Vieira *et al.*, 2008) e citostática seletiva (Rocha *et al.*, 2006) com resultados expressivos e promissores.

Figura 23: 132; 133; 134; 135; 136; 137; 138



Fonte: Os autores

Parece inoportuno concluir este tópico sumarizado sobre plantas anticancerígenas sem citar duas publicações julgadas de grande relevância, uma de avaliação perspectiva (Cragg; Newman, 2005) e outra de uma revisão (Nobili *et al.*, 2009): Cragg, G.M.; Newman, D.J. *Plants as a source of anti-cancer agents* e Nobili, S.; Lippi, D.; Witort, E.; Donnini, M.; Bausi, L.; Mini, E.; Capaccioli, S. *Natural compounds for cancer treatment and prevention*.

Os títulos de tais publicações são auto-explicativos e podem ser considerados como suficientes claros para o entendimento do leitor, o mesmo ocorrendo com dois dos três artigos abaixo descritos.

Para demonstrar que estamos distante da possibilidade de esgotar a importância das substâncias naturais, apontando sinalização também para novas perspectivas, destaco também:

Fawole, O.A.;Ndhlala, A.R.;Amoo, S.O.;Finne,J.F.; Van Standen, J. *Anti-inflammatory and phytochemical properties of twelve medicinal plants used for treatment gastro-intestinal ailments in South África*(J. Ethnopharmacology, v. 123, p. 237-243, 2009).

Powell, R.G.;*Plant Seeds as Source of Potential Industrial Chemicals,Pharmaceuticals, and Pest Control Agents* (J. Nat. Prod. v. 72, p.516-523, 2009).

A descoberta de novas estruturas e a catalogação de substâncias fabricadas pelos organismos vivos deve ser ampliada com investigações farmacológicas, ecológicas, produtivas (inclusive com culturas de células e tecidos), genéticas, fisiológicas, alimentícias, biossintéticas e em outras áreas da biologia e da química. A bioprodução de substâncias com estereoquímicas definidas e a introdução e modificação seletivas de grupos funcionais em substratos naturais ou sintéticos, dependem do conhecimento detalhado das rotas biogenéticas.

A literatura tem registrado com frequência, nos últimos anos, metodologias destinadas ao isolamento de substâncias com atividade biológica específica. A adoção desse procedimento imediatista é prático e útil, mas estimula a possibilidade de desprezar, em alguns casos, precursores inativos presentes em maior porcentagem, os quais podem ser transformados no produto ativo com alto rendimento, por simples reações de laboratório. Aliás, a inatividade revelada por substância da mesma classe daquela ativa pode fornecer informação sobre a sua natureza química, essencial para o desempenho da atividade biológica. Além disso, a possibilidade de aparecimento de novas doenças e a descoberta de novos ensaios farmacológicos mais eficientes e específicos, não podem ser ignorados.

Obviamente, outras disciplinas e atividades de pesquisa baseadas no quimismo dos organismos vivos (sistemática, evolução e ecologia químicas) também podem ser

prejudicadas por dados fito-químicos incompletos; a pressa e as considerações "práticas" não devem inibir o rigor científico.

## REFERÊNCIAS

- Almeida, J. R. G. S.; Barbosa-Filho, J. M.; Cabral, A. G. S.; Agra, M. de F.; da Cunha, E. V. L.; da Silva, M. S.; do Nascimento, S. C.; Braz-Filho, R. Diploflavone, a new flavonoid from *Diplospora ferruginea* Benth. (Fabaceae). *J. Braz. Chem. Soc.*, v. 6B, p. 1454-1457, 2005.
- Borman, S. Total Synthesis of Anticancer Agent Taxol Achieved by Two Different Routes. *Chem. & Eng. News*, v.72, p. 32-34, 1994.
- Braz-Filho, R. 1. Química de Produtos Naturais: Importância, interdisciplinaridade, dificuldades e perspectivas. 2. A peregrinação de um Pacatubano. *Química Nova*, v. 17, p. 405-445, 1994.
- Buckingham, J. (Editor). *Dictionary of Natural Products*. Chapman & Hall, London, 1993.
- Caputi, L.; Franke, J.; Farrow, S.C.; Chung, K.; Payne, R.M.E.; Nguyen, T-D.; Dang, T-T.T.; Carqueijeiro, I.S.T.; Koudounas, K.; Bernonville, T.D. de, Ameyaw, B.; Jones, D.M.; Vieira, I.J.C.; Courdavault, V.; O'Connor, S.E. Missing enzymes in the biosynthesis of the anticancer drug vinblastine in Madagascar periwinkle. *Science* 10.1126/science.aat4100 (2018)
- Cardellina II, J. H.; Gustafson, K. R.; Beutler, J. A.; McKee, T. C.; Hallock, Y. F.; Fuller, R. W.; Boyd, M. R. National Cancer Institute intramural research on human immunodeficiency virus inhibitory and antitumor plant natural products. In: *Human Medicinal Agents from Plants* (Kinghorn, A. D.; Balandrin, M. F., eds), American Chemical Society - ACS Symposium Series N° 534, Washington-DC. 1993; p. 218-227.
- Carmo, H.M. do; Braz-Filho, R.; Vieira, I.J.C. A Novel Alkaloid from *Aspidosperma pyricollum* (Apocynaceae) and Complete <sup>1</sup>H and <sup>13</sup>C Chemical Shift Assignments. *Helvetica Chimica Acta*, v. 98, p. 1381-1386, 2015.
- Centry, A.H.; Tropical forest biodiversity and the potential for new medicinal plants. In: *Human Medicinal Agents from Plants* (Kinghorn, A. D.; Balandrin, M. F., editors). American Chemical Society - ACS Symposium Series N° 534, Washington-DC. 1993; p. 13-24.
- de Carvalho, M. G.; Velandia, J. R.; de Oliveira, M. C. C.; Echevarria, A.; Braz-Filho, R.; Grynberg, N.; *Recent Progress in Medicinal Plants – Phytochemistry & Pharmacology II*, v. 8, p. 77, 2002.
- Chadwick, D.J.; Marsh, J. (Editors). *Bioactive Compounds from Plants*. John Wiley, New York, 1990.
- Chun, J.; Goodman, C. L.; Rice, W. C.; McInthosi, A. H.; Chippendale, G. M.; Schubert, K. R.. Pentaclethra macroloba Seed Effect on Larval Growth, Cell Viability, and Midgut Enzyme Activity of *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Econ. Entomol.*, v. 87, p. 1754-1760, 1994.

Clark A. M.; Hufford, C. D.; Discovery and development of novel prototype antibiotics for opportunistic infections related to acquired immunodeficiency syndrome (Kinghorn, A. D.; Balandrin M. F., eds), American Chemical Society - ACS Symposium Series N°534, Washington-DC. 1993; p. 225-241.

Cordell, C.E.; Farnsworth, N.R.; Beecher, C.W.W.; Soejarto, D.D.; Kinghorn, A.D.; Pezzuto, J.M.; Wall, M.E.; Wani, M.C.; Brown, D.M.; O'Neill, M.J.; Lewis, J. A.; Tait, R.M.; Harris, T.J.R. Novel strategies for the discovery of plant-derived anticancer agents. In: Human Medicinal Agents from Plants (Kinghorn, A.D.; Balandrin, M.F., editors). American Chemical Society-ACS Symposium Series 534, Washington - DC, p. 191-204, 1993.

Costa, S. M. O.; Lemos, T. L. G.; Pessoa, O. D. L.; Pessoa, C.; Montenegro, R. C. Braz-Filho, R. Chemical Constituents from *Lippiasidoides* and Cytotoxic Activity. *J. Nat. Prod.*, v. 64, p. 792-795, 2001.

Cragg, G. M.; Boyd, M. R.; Cardellina II, J.H.; Grever, M. R.; Schepartz, S. A.; Snader, K. M.; Suuffness, M.; Role of plants in the National Cancer Institute Drug Discovery and Development Program. In: Human Medicinal Agents from Plants (Kinghorn, A. D.; Balandrin, M. F., editors). American Chemical Society - ACS Symposium Series 534: Washington-DC. p. 80-95, 1993;.

Cruz, L.C.H. da; Rosa, C.A. da; R. Braz-Filho. Análise cromatográfica e espectrométrica de citrinina obtida de cultivos de *Penicillium citrinum* Thorm. *R. Revista. Brasileira Medicina Veterinária*, v. 7(3), 72-74, 1985.

Dewick, P. M. *Medicinal Natural Products: A Biosynthetic Approach* (2nd ed.). John Wiley, New York, 2001.

Diniz, L. R. L.; Santana, P. C.; Ribeiro, A. P. A. F.; Portella, V. G.; Pachec, L. F.; Meyer, N. B.; César, I. C.; Consenza, G. P.; Brandão, M. das G. L.; Vieira, M. A. R. Effect of triterpene saponins from roots of *Ampelozizyphus amazonicus* Ducke on diuresis in rats. *J. Ethnopharm.*, v. 123(2), 275-279, 2009.

Dixon, R.A.; Lamb, C.J. *Secondary Products from Plant Tissue Culture*. (Charlowood, B.V.; Rhodes, M.J.C., Editores.), Oxford Science Publications, Oxford. 1990.

Dorsaz, A.-C.; Hostettmann, K. Further Saponins from *Phytolaccadodecandra* L'HERIT *Helv. Chim. Acta*, v. 69, p. 2038-2047, 1986.

Santos, P.R.D. dos; Morais, A.A.; Braz-Filho, R. Alkaloids from *Annona dioica*. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 14, p. 396-400, 2003.

Dzubak, P.; Hajduch, M.; Vydra, D.; Hustova, A.; Kvasnica, M.; Biedermann, D.; Markova, L.; Urban, M.; Sarck, J. Pharmacological activities of natural triterpenoids and their therapeutic implications. *Nat. Prod. Rep.*, v. 23, p. 394-411, 2006.

Esteves-Souza, A.; Silva, T.M.S.; Alves, C.C.F.; de Carvalho, M.G.; Braz-Filho, R.; Echevarria, A. Cytotoxic Activity against Ehrlich Carcinoma and Human K562

Leukaemia of Alkaloids and Flavonoids from Two Solanum Species. J. Braz. Chem. Soc., v 13(6), p. 838-842, 2002.

Evans, R.M. The Chemistry of the Antibiotics used in Medicine. Pergamon Press, Oxford, 1965.

Fawole, O.A.; Ndhala, A.R.; Amoo, S.O.; Finne, J.F.; Van Standen, J. Anti-inflammatory and phytochemical properties of twelve medicinal plants used for treatment gastro-intestinal ailments in South Africa. Journal of Ethnopharmacology, v. 123, p. 237-243, 2009.

Fraga, B.M.; Hernandez, M.G.; Garcia-Tellado, F.; González, P.; Perales, A. The biotransformation of two ent-15/3,16/3-epoxy-kaurane derivatives by *Gibberellafujikurozi* Phytochemistry, v. 34, p. 133-138, 1993.

Fugioka, T.; Kashiwada, Y.; Kilkuskie, R. E.; Cosentino, L. M.; Ballas, L. M.; Jiang, J. B.; Janzen, W. P.; Chen, I. S.; Lee, K. H. J. Anti-AIDS agents, 11. Betulinic acid and platanic acid as anti-HIV principles from *Syzigium claviflorum*, and the anti-HIV activity of structurally related triterpenoids. Nat. Prod., v. 57, p. 243-247, 1994.

Gauthier, C.; Legault, J.; Lavoie, S.; Rondeau, S.; Tremblay, S.; Pichette, A. Synthesis and Cytotoxicity of Bidesmosidic Betulin and Betulinic Acid Saponins. J. Nat. Prod., v. 72, p. 72-81, 2009a.

Gauthier, C.; Legault, J.; Lavoie, S.; Rondeau, S.; Pichette, A. Synthesis of betulinic acid acyl glucuronide for application in anticancer prodrug monotherapy. Tetrahedron Letters, v. 50(9), p. 988-991, 2009b

Gauthier, C.; Legault, J.; Piochon, M.; Lavoie, S.; Tremblay, S.; Pichette, A. Synthesis, cytotoxicity, and haemolytic activity of chacotrioside lupine-type neosaponins and germanicane-type rearrangement products. Bioorganic & Med. Chem. Letters, v. 19, p. 2310-2314, 2009c.

Goff, R.D.; Thorson, J.S. Enhancing the Divergent Activities of Betulinic Acid via Neoglycosylation. Organic Letters, v. 11, p. 461-464, 2009.

Goto, T.; Iso, S.; Nakanishi, K.; Natori, S.; Nozoe, S. Natural Products Chemistry, vol. I, Academic Press, New York, 1974.

Harborne, J.B. Introduction to Ecological Biochemistry, Academic Press, London, 1977.

Hu, C.-Q.; Chen, K.; Shi, Q.; Kilkuskie, R. E.; Cheng, Y.-C.; Lee, K.-H. Anti-AIDS agents, 10. Acacetin-7-O- $\beta$ -D-galactopyranoside, an anti-HIV principle from *Chrysanthemum morifolium* and a structure-activity correlation with some related flavonoids. J. Nat. Prod. v. 57, p. 42-51, 1994.

Huang, X.; Cheng, S.; Du, Y.; Bing, F. Synthesis of oleanolic acid saponin mimicking components of Chinese folk medicine Di Wu. Carbohydrate Research, v. 344, p. 1153-1158, 2009.

Ipsen, J.; Fusca, J.; Forkova, A.; Rojazza, J.P. Microbial transformations of natural antitumor agents. 21. Conversions of aphidicolin. *Journal of Organic Chemistry*, v. 47, p. 3278-3782, 1982.

Ishikawa, H.; Colby, D.A.; Seto, S.; Va, P.; Tam, A.; Kakel, H.; Ray, T.J.; Hwang, I.; Boger, D.L. Total Synthesis of Vinblastine, Vincristine, Related Natural Products, and Key Structural Analogues. *J. Am. Chem. Soc.*, v.131, p. 4904-4916, 2009.

Kim, H.J.; Park, H.-S.; Lee, I.-S. Microbial transformation of silybin by *Trichoderma konungii*. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, v. 16, p. 790-793, 2006.

Klayman, D.L.; *Artemisia annua* - From Weed to Respectable Antimalarial Plant” em “Human Medicinal Agents from Plants (Kinghorn, A.D. and Balandrin, M.F., editors), ACS Symposium Series nº 534, American Chemical Society Publications, Washington-D.C. p. 242-255, 1993.

Kumar, V.; Mahajan, A.; Chibale, K. Synthetic medicinal chemistry of selected antimalarial natural products. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, v. 17, p. 2236-2275, 2009.

Lee, K. H.; Hayashi, N.; Okano, M.; Hiall, I. H.; Wu, R. Y.; McPhail, A. T. Antitumor agents. Part 51. Lasiodiplodin, a potent antileukemic macrolide from *Euphorbia splendens*. *Phytochemistry*, v. 21, p. 1119-1121, 1982.

Lemos, T.L.G.; Mendes, A.L.; Sousa, M.P.; Braz-Filho, R. New Saponin from *Sapindus saponaria* Linn. *Fitoterapia*, v. 63, p.515-517, 1992.

Li, L.; Chem, Z.; Zhang, X.; Jia, Y. Divergent Strategy in Natural Product Total Synthesis. *Chemical Reviews*, v. 118, 3752-3832, 2018.

Ma, W.; Park, G. L.; Gomez, G. A.; Nieder, M. H.; Adams, T. L.; Aynsley, J. S.; Sahai, O. P.; Smith, R. J.; Stahlhut, R. W.; Hylands, P. J.; Bitsch, F.; Shackleton, C. New bioactive taxoids from cell cultures of *Taxus baccata*. *J. Nat. Prod.*, v. 57(1), p.116-122, 1994.

Mahato, S.B.; Banerjee, S. Steroid transformations by microorganisms—II. *Phytochemistry*, v. 24, p. 1403-1421, 1985.

Maillard, M.; Marston, A.; Hostettmann, K.; Search for molluscicidal and larvicidal agents from plants. In: *Human Medicinal Agents from Plants* (Kinghorn, A. D.; Balandrin, M. F., editors). American Chemical Society - ACS Symposium Series Nº 534, Washington-DC p. 256-273, 1995.

Mariana, L. de M.; Potencial antitumoral de substâncias isoladas de plantas do Cerrado brasileiro: estudos preliminares do mecanismo de ação da atividade citotóxica, Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Ciências Médicas, Universidade de Brasília, Brasília, DF. p 31-47, 2009.

Nair, M.S.R.; Basile, D.V. Bioconversion of Arteannuin B to Artemisinin *Journal of Natural Products*, v. 56, p. 1559-1566, 1993.

Pine, S.H.; Hendrickson, J.B.; Cram, D.J.; Hammond, G.S.; Organic Chemistry (4th edition), McGraw-Hill, Tokyo, 1980.

Richards, J.H.; Cram, D.J.; Hammond, G.S. Elements of Organic Chemistry. McGraw-Hill Book Company, New York, 1967.

Rocha, D. D.; Militão, G. C. G.; Veras, M. L.; Pessoa, O. D. L.; Silveira, E. R.; Alves, A. P. N. N.; de Moraes, M. O. , Pessoa, C.; Costa-Lotufo, L. V. Selective cytotoxicity of withaphysalins in myeloid leukemia cell lines versus peripheral blood mononuclear cells Life Science, v. 79, p. 1692-1701, 2006.

Samir, A; Chatterjee, K. P.; Pezzuto, J. M.; Hamann; M.T. Microbial Transformations of the Antimelanoma Agent Betulinic Acid. J. Nat. Prod. v. 63, p.1653-1657, 2000.

Santiago, G. M. P.; Viana, F. A.; Pessoa, O. D. L.; Santos, R. P.; Pouliqyuen, Y. B. M.; Arriaga, A. M. C.; Andrade-Neto, M.; Braz-Filho, R. Avaliação da atividade larvicida de saponinas triterpênicas isoladas de *Pentaclethra macroloba* Cordiapiauhi ensis sobre *Aedes aegypti*. Rev.. Bras. Farmacognosia, v.15, p. 187-190, 2005.

Seltzer, R. Method to Reduce Bitterness in Citrus Found. Chem. & Eng. News, v.64 (Oct. 27), p. 25-26, 1986.

Sha, Y.; Yan, M.-C.; Liu, J.; Liu, Y.; Cheng, M.-S. Facile Synthesis of Oleanolic Acid Monoglycosides and Diglycosides. Molecules, v. 13, 1472-1482, 2008.

Silva, T. M.S.; Braz-Filho, R.; de Carvalho, M. G.; Agra, M. de F. 1,2,3,4-tetrahydro-2-methyl-carboline and solavetine from *Solanum jabrense*. Biochem. Syst. Ecol., v.30, p. 1083-1085, 2002.

Silva, T. M. S.; Câmara, C. A.; Agra, M. de F.. de Carvalho, M. G.; Frana, M. T.; Brandoline, S. SP. B.; Paschoal, L. da Silva, Braz Filho, R. Molluscicidal activity of *Solanum* species of the Northeast of Brazil on *Biomphalaria glabrata*. Fitoterapia, v.77 (6), 449-452, 2006.

Sousa, R. P. de; Barbosa, L. F.; de Oliveira, A. F.; Mathias, L.; Braz-Filho, R.; Vieira, I. J. C. Cymosamine, a novel C19 quassinoid from *Simaba subcymosa*. Nat. Prod. Res. v. 19, p. 151-155, 2005.

Sparg, S. G.; Light, M. E.; van Studen J. Biological activities and distribution of plants saponins. J. Ethnopharmacology, v. 94, p., 219-243, 2004.

Torsell, K. B. G. Natural Product Chemistry: A mechanistic, biosynthetic and ecological approach (2nd ed.). Apotekarsocieteten-Swedish Pharmaceutical Society, Stockholm, 1997.

Veras, M. L.; Bezerra, M. Z. B.; Lemos, T. L. G.; Uchoa, D. E de A.; Braz-Filho, R.; Chai, H.-B.; Cordell, G. A.; Pessoa, O. D. L. Cytotoxic Withaphysalins from the Leaves of *Acnistus arborescens*. J. Nat. Prod.. v 67, p. 710-713, 2004a.

Veras, M. L.; Bezerra, M. Z. B.; Braz-Filho, R.; Pessoa, O. D. L.; Montenegro, R. C.; Pessoa, C. de O.; de Moraes, M. O.; Costa-Lotufo, L. V. Cytotoxic epimeric withaphysalins from leaves of *Acnistus arborescens* *Planta Medica*. v. 70, 551-555, 2004b.

Vieira, I. J. C.; Braz-Filho, R.; Rodrigues-Filho, E.; Vieira, P. C.; da Silva, M. F. G. F.; Fernandes, J. B. 20(R)- and 20(S)-simarolide epimers isolated from *Simabacuneata* - Chemical shift assignments of carbon and hydrogen atoms. *J. Braz. Chem. Soc.*, v. 10, p. 76-84, 1999.

Vieira, I. J. C.; Braz-Filho, R.; Quassinoids: Structural Diversity, Biological Activity and Synthetic Studies in Studies. In: *Natural Product Chemistry - Bioactive Natural Products* (Atta-ur-Rahman, editor), Elsevier Science Publishers: The Netherlands, vol. 33, pp 433-492, 2005.

Vieira, N. C.; Espindola, L. S.; Santana, J. M.; Veras, M. L.; Pessoa, O. D. L.; Pinheiro, S. M.; de Araújo, R. M.; Lima, M. A. S.; Silveira, E. R. Trypanocidal activity of a new pterocarpan and other secondary metabolites of plants from Northeastern Brazil flora. *Bioorg. Med. Chem.* v. 16, p. 1676-1682, 2008.

## CAPÍTULO 07

### DESENVOLVIMENTO DE UMA ESTUFA BASEADA EM INTERNET OF THINGS UTILIZANDO TECNOLOGIA DE BAIXO CUSTO

#### **Billyfrankim Avelino Pereira**

Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia – UFMA  
E-mail: billyfrankim@gmail.com

#### **Felipe Prestes Luzio**

Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia – UFMA  
E-mail: felipe@gmail.com

#### **Marcio Mendes Cerqueira**

Engenharia da Computação – ECP – CCET – UFMA  
E-mail: cerqueira.marcio@ufma.br

**Resumo:** O artigo tem como objetivo demonstrar como o uso do IoT (Internet of Things) pode auxiliar a vida dos agricultores de baixo e médio porte utilizando uma estufa automatizada de baixo custo. Para o sistema proposto, utilizou-se sensores de temperatura, umidade do solo, umidade do ar e de luminosidade, implantados em uma estufa para realizar análises e auxiliar na tomada de decisão do agricultor. Para isso foi desenvolvido tanto um hardware para captar os dados, quanto um PWA (Progressive Web App) para exibir os dados de forma organizada. Adicionalmente, utilizou-se um banco de dados relacional para armazenamento e consulta dos dados gerados. Nos testes mostrou-se o quanto o protótipo ajudaria na tomada de decisão, pois além dos dados exibidos relacionados ao ambiente da plantação serem em tempo real, com uma taxa de atualização de 0,5 a 1 segundo, trata-se de uma solução de baixo custo. Os resultados mostraram que a solução desenvolvida seria uma boa opção em termos de eficiência, pois o agricultor teria um controle mais preciso do ambiente, sendo possível cultivar alimentos de alta qualidade como também fomentar a competitividade do mercado.

**Palavras-chave:** Comunicação wireless; Automação; Estufa; Agricultura.

## 1. INTRODUÇÃO

A inteligência artificial aplicada à agricultura pode melhorar os processos produtivos e apoiar a correta tomada de decisão pelo agricultor, reduzindo custos e trazendo mais rendimento à produção [1]. Estima-se que os objetos interconectados estão presentes em 10% dos lares brasileiros [1]. Desde geladeiras, relógios, televisores e automóveis que se conectam enviando e recebendo dados on-line [2]. Carros autônomos, robôs e máquinas inteligentes que conversam entre si, podem gerenciar o uso de energia e insumos, tornando o processo produtivo mais eficiente [3].

A aplicação da tecnologia de IoT [4] permite fazer uma melhor gestão do uso da energia elétrica ou ainda controlar o tráfego de veículos nas grandes cidades, entre outros casos [5]. O conceito de “smart cities” inspirou o das fazendas inteligentes [6]. Nelas os processos de gestão e produção estão integrados [3]. Com os sensores instalados em máquinas agrícolas, é possível obter uma série de informações do solo, por exemplo, que podem orientar as ações de correção de acidez, irrigação do solo e época de plantio [7].

## 2. ESTADO DA ARTE

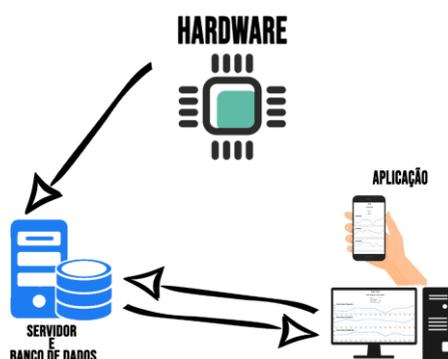
Para este artigo foi feito uma revisão aos trabalhos existentes, onde o Mr. Dattatraya Shinde [8] na parte do hardware utiliza um abordagem similar, fazendo uso de sensores de umidade do ar, umidade do solo e luminosidade, porém o mesmo coleta os dados por meio de um microcomputador conhecido como raspberry. Do mesmo modo, Danita [9] utilizou o raspberry para o hardware e adicionalmente utilizou uma base de dados em nuvem para lot chamada Things- peak. Semelhantemente, Susan Nnedimpka Nnadi [10] utilizou o Thingspeak, porém utilizou a placa de desenvolvimento Arduino Mega e um aplicativo Android para controle de atuadores por meio do Bluetooth.

Este artigo, por ser uma proposta de baixo custo, buscou utilizar os sensores LDR, higrômetro, DHT11 e LM34, com uma placa Arduino em conjunto com um módulo Wireless ESP8266 e banco de dados relacional MySQL, pois tais dispositivos, custou um total de R\$ 78,00, e são facilmente encontrados em diversas regiões.

### 3. SISTEMA PROPOSTO

O dispositivo para automação da estufa, foi projetado com o uso de um Arduino [11] e um módulo Wireless ESP8266 [12], juntamente com diversos sensores [13]. Através do hardware cada sensor faz suas respectivas leituras do ambiente e envia os dados para o servidor pela Internet. Ao receber os dados, eles são tratados e salvos no banco de dados, para que o agricultor possa visualiza-los posteriormente. Podemos ver na Fig. 1 como as partes de hardware, servidor e aplicação se comunicam.

Figura 1: Arquitetura do Sistema – O hardware capta os valores dos sensores envia os dados para o servidor via *request*, onde os mesmos são tratados e salvos no banco de dados. Na aplicação os dados são exibidos por meio de gráficos



Fonte: Os autores

#### 3.1 HARDWARE

Para a montagem do hardware foi usada a placa de desenvolvimento Arduino juntamente com um módulo Wireless ESP8266 e os sensores LDR, higrômetro, DHT11 e um LM34 [13]. Foi utilizado o Arduino com o módulo Wireless, pois o Arduino tem várias portas analógicas em comparação com a placa NodeMCU, por exemplo, que só tem uma porta analógica. Os sensores indicados captam os dados do ambiente e indicam se a plantação está nas melhores condições para cultivo saudável [14]. Caso haja qualquer alteração nas variáveis de ambiente como luminosidade, umidade do solo, umidade do ar e temperatura, o agricultor identificará através dos gráficos e poderá adotar medidas para melhoria das condições do ambiente. Para a prototipação do hardware foi usado uma protoboard. O programa

que roda na placa microcontrolador a cada segundo realiza a releitura dos sensores e envia os valores lido pelo método POST usando o protocolo http para o servidor.

### **3.2 SERVIDOR E BANCO DE DADOS**

O banco de dados utilizado foi o MySQL[15], com intuito de armazenar os dados gerados pelos processos, de modo que o sistema possa realizar consultas e cadastro de dados. No servidor é feito o tratamento dos dados enviados por cada sensor através da placa e atribuído um valor do tipo float, onde são estabelecidos pelo agricultor os padrões de aceitação máximos e mínimos para a variável que está sendo medida no ambiente [16]. Esse tratamento é feito para todos os sensores. Por conseguinte, já se saberá a situação de cada sensor, transformando os dados em informação [17]. Por diante se atualiza a situação de cada sensor já previamente cadastrado.

## **4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS**

No projeto desenvolvido, realizamos diversas simulações em diferentes tipos de ambientes. Verificamos que o sistema proposto funcionou de forma correta, realizando a leitura do ambiente nos intervalos pré-definidos. Um dos pontos importantes para o bom funcionamento do sistema, é o correto posicionamento dos sensores, pois caso não sejam bem posicionados, podem sofrer interferências e realizar leituras que não representam os valores reais do ambiente.

Também observou-se que o sistema funciona bem para coleta de dados e monitoramento da estufa, pois mesmo utilizando sensores e dispositivos de baixo custo, obtemos leituras similares às leituras reais do ambiente utilizando sensores e dispositivos comerciais.

## **5. CONCLUSÃO**

O uso dos sensores e a placa microcontroladora fez com que o sistema como um todo seja incluído no âmbito da Internet das Coisas. Portanto, é uma área da

tecnologia em crescimento na indústria e no meio acadêmico, além de apresentar uma solução controle de baixo custo para pequenos e médios produtores rurais.

Em comparação com os trabalhos já existentes pode se destacar que foi desenvolvido uma plataforma própria para monitoramento (PWA), enquanto outros utilizaram softwares já existentes. Tal decisão ocorreu pela necessidade de adaptação para trabalhos futuros, onde a coleta de dados e a flexibilidade para a criação de aplicativos móveis seria mais simples. Caso fossem utilizados softwares open-source haveria uma certa limitação quanto à criação e desenvolvimento de implementações futuras.

Nos resultados foram mostrados que a solução desenvolvida é uma boa opção em termos de eficiência, pois o agricultor teria um controle mais preciso do ambiente em que se cultiva, sendo possível obter alimentos de alta qualidade e também fomentar a competitividade do mercado.

Podemos ainda constatar o baixo custo como fora proposto, o protótipo custou R\$ 78,00, valor bem abaixo em relação a um sistema semelhante vendido na indústria. Como por exemplo, fizemos a comparação com um dispositivo para monitoramento somente da temperatura produzido pela empresa chinesa Gávea modelo TSM-01TM que utiliza a tecnologia NB-IoT/LoraWan que pode ser adquirido por US\$ 200,00. Pode-se notar o baixo custo com níveis de eficiência semelhantes em relação alguns produtos vendidos no mercado atualmente.

Uma das implementações futuras que favoreceria o bom funcionamento do projeto, é a utilização de mecanismos como ventiladores e aspersores de água, quando algum valor do ambiente analisado saísse do padrão, o sistema entraria em equilíbrio novamente, acionando os dispositivos de saída. E uso de inteligência artificial para auxílio na tomada de decisão.

## REFERÊNCIAS

- [1] A. C. L. Nogueira, "Mecanização na agricultura brasileira: uma visão prospectiva," *Caderno de Pesquisas em Administração*, vol. 8, no. 4, pp. 77–87, 2001.
- [2] C. Kamienski and M. VISOLI, "Swamp: uma plataforma para irrigação de precisão baseada na internet das coisas.," *Embrapa Informática Agropecuária-Artigo em periódico indexado (ALICE)*, 2018.
- [3] Embrapa, "Internet das coisas pode ajudar a melhorar produtividade agrícola," 2018.
- [4] K. Ashton, "That 'internet of things' thing," *RFID Journal*, 2009.
- [5] B. P. Santos, L. A. Silva, C. Celes, J. B. Borges, B. S. P. Neto, M. A. M. Vieira, L. F. M. Vieira, O. N. Goussevskaja, and A. Loureiro, "Internet das coisas: da teoria à prática," *Minicursos SBRC-Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos*, 2016.
- [6] E. Magrani, *A internet das coisas*. Editora FGV, 2018.
- [7] L. Assad and A. Pancetti, "A silenciosa revolução das tics na agricultura," *ComCieência*, no. 110, pp. 0–0, 2009.
- [8] D. Shinde and N. Siddiqui, "Iot based environment change monitoring controlling in greenhouse using wsn," pp. 1–5, Aug 2018.
- [9] M. Danita, B. Mathew, N. Shereen, N. Sharon, and J. J. Paul, "Iot based automated greenhouse monitoring system," pp. 1933–1937, June 2018.
- [10] S. N. Nnadi and F. E. Idachaba, "Design and implementation of a sustainable iot enabled greenhouse prototype," pp. 457–461, July 2018.
- [11] M. McRoberts, *Arduino Básico-2a edição: Tudo sobre o popular micro-controlador Arduino*. Novatec Editora, 2015.
- [12] S. de Oliveira, *Internet das coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry Pi*. Novatec Editora, 2017.
- [13] M. Wendling, "Sensores," *Universidade Estadual Paulista. São Paulo*, vol. 2010, p. 20, 2010.
- [14] N. Makishima et al., *Cultivo de hortaliças*. EMBRAPA-CNPQ, 1992.
- [15] A. Silberschatz, H. F. Korth, and S. Sudarshan, *Sistema de banco de dados*. Elsevier, 2012.
- [16] L. L. SANTOS, S. Seabra Júnior, and M. Nunes, "Luminosidade, temperatura do ar e do solo em ambientes de cultivo protegido," *Revista de Ciências Agro-Ambientais*, vol. 8, no. 1, pp. 83–93, 2010.

[17] M. L. P. Valentim et al., "Inteligência competitiva em organizações: dado, informação e conhecimento," *DataGramZero*, Rio de Janeiro, vol. 3, no. 4, pp. 1–13, 2002.

## CAPÍTULO 08

### DESENVOLVIMENTO DE UMA PRÓTESE DE MÃO ROBOTIZADA

**Gregório Salvador**

Engenharia Mecânica – Instituto Federal Sul Rio-Grandense – IFSul  
E-mail: gregoriolussani@hotmail.com

**Gustavo Vaccari**

Engenharia Mecânica – Instituto Federal Sul Rio-Grandense – IFSul  
E-mail: gustavoandre.vaccari@hotmail.com

**José C. Barbon Jr**

Engenharia Mecânica – Instituto Federal Sul Rio-Grandense – IFSul  
E-mail: jbarbonjunior@gmail.com

**Laura Bortoncello**

Engenharia Mecânica – Instituto Federal Sul Rio-Grandense – IFSul  
E-mail: laura.bortoncello@hotmail.com

**William Oliveira**

Engenharia Mecânica – Instituto Federal Sul Rio-Grandense – IFSul  
E-mail: william\_a\_f\_o@hotmail.com

**Henrique Zardin de Lima**

Ciência da Computação – Instituto Federal Sul Rio-Grandense – IFSul  
E-mail: henriquezardindelima1@gmail.com

**Maria Emília Ferreira Gonzalez Ribeiro**

Engenharia Mecânica – Instituto Federal Sul Rio-Grandense – IFSul  
E-mail: mariafgonzalez505@gmail.com

**Anselmo Cukla**

Engenharia Mecânica – Instituto Federal Sul Rio-Grandense – IFSul  
E-mail: anselmo.cukla@passofundo.ifsul.edu.br

**Bianca Deon Rossato**

Engenharia Mecânica – Instituto Federal Sul Rio-Grandense – IFSul  
E-mail: biancadrossato@gmail.com

**Alexsander Furtado Carneiro**

Engenharia Mecânica – Instituto Federal Sul Rio-Grandense – IFSul  
E-mail: alexsander.carneiro@passofundo.ifsul.edu.br

**Resumo:** O presente artigo tem o intuito de apresentar o projeto mecânico e elétrico de uma prótese robótica de mão humana, bem como os algoritmos computacionais para realizar os testes iniciais das funções de movimento. Pretende-se que esta prótese seja controlada pela contração muscular do próprio braço do usuário

utilizando-se de sensores eletromiográficos e algoritmos de controle evolutivos. O sistema mecânico foi projetado para realizar movimentos elementares de uma mão humana e foi fabricado por impressão 3D, constituindo-se principalmente de polímero. Esta pesquisa propõe soluções mecânicas para desenvolver uma prótese econômica que possa atender a pessoas de diferentes níveis sociais, também visa como resultado a melhora da qualidade de vida desses indivíduos que sofreram amputações.

**Abstract:** This article intends to present the mechanical and electrical design of a robotic human hand prosthesis, as well as the computational algorithms to perform the initial motion function tests. The intention is that this prosthesis will be controlled by the muscle contraction of the user's own arm using electromyographic sensors and evolutionary control algorithms. The mechanical system was designed to perform elementary human hand movements and was manufactured by 3D printing, consisted mainly of polymer. This research proposes mechanical solutions to develop an economic prosthesis that can be reached by people of different social layers. It also aims as a result an improvement of the life quality of these individuals who suffered amputations.

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, os avanços da tecnologia permitiram que muitas áreas das engenharias e a medicina tenham proporcionado o aumento da qualidade de vida de pessoas com deficiências físicas, permitindo assim aos pacientes maior acessibilidade a estas tecnologias e a diminuição dos custos envolvidos no desenvolvimento próteses mecânicas que tenham evasão mínima (Vasconcelos, 2017). Baseado em pesquisas como (Bennett et al., 2015; Calderon et al., 2017; Johansen et al., 2016), este trabalho tem como objetivo propor e construir um protótipo funcional de uma prótese biomédica de uma mão robotizada, para que futuramente seja utilizada em pessoas que tenham o punho amputado. O protótipo visa à característica antropomórfica, ou seja, imitar a mão humana em aparência e funcionalidade ao realizar movimentos elementares e, assim, que seja capaz de manusear objetos pequenos (Calderon et al., 2017; Raurale and Chatur, 2014). Esse tipo de tecnologia poderia contribuir com o paciente na melhora da qualidade de vida e no aumento da própria autoestima (Vasconcelos, 2017). O primeiro protótipo experimental visa construir uma prótese de baixo custo e com capacidades de movimentos controladas externamente mediante comandos computadorizados. Cabe ressaltar que nas primeiras etapas não serão realizados ensaios em humanos. A estrutura mecânica do braço é composta essencialmente por polímeros confeccionados em impressão 3D, já o sistema de transmissão de movimentos se dá mediante linhas elásticas de alta resistência. O sistema eletromecânico utiliza servomotores, condicionadores de sinais e uma plataforma Arduino. O sistema computacional comanda os movimentos dos dedos através dos servomotores, que o sistema utiliza uma trajetória preestabelecida no microcontrolador. Neste trabalho, no capítulo 2 é apresentada a metodologia de como deve ser basicamente estruturado o braço protético. No capítulo 3, apresenta-se uma aplicação e resultados iniciais (simulação e experimental) do funcionamento das partes mecânicas, elétricas e computacionais. Finalmente, no capítulo 5 são apresentados os resultados e conclusões. E por último, as bibliográficas utilizadas.

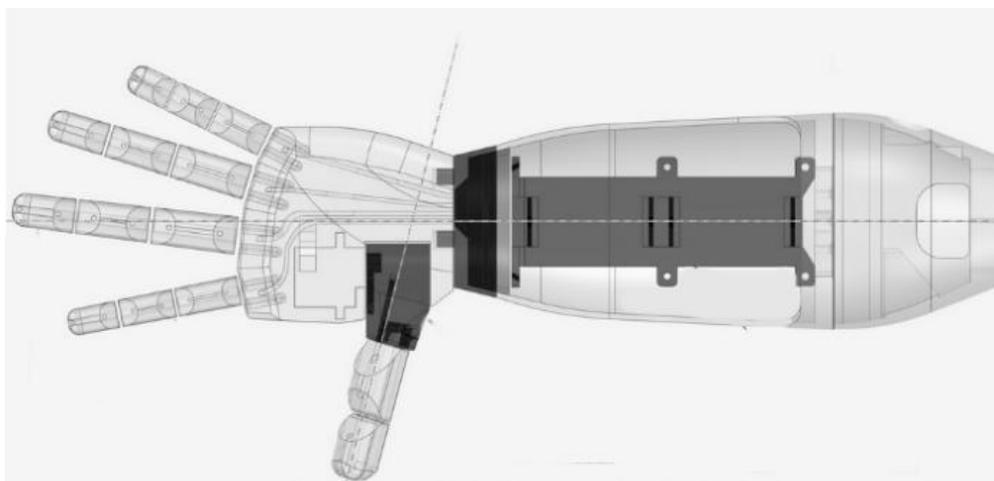
## 2. ARQUITETURA DO BRAÇO PROTÉTICO

O sistema mecânico da prótese foi baseado em modelos anteriormente aplicados a outras pesquisas, tais como Bennett et al. (2015), Johansen et al. (2016). Já para o desenho 3D do primeiro protótipo, utilizou-se o mesmo que em Gross (2018). Quanto ao sistema elétrico e computacional, estes foram desenvolvidos especificamente para esta finalidade, como apresentado seguidamente.

### 2.1 SISTEMA MECÂNICO

O primeiro protótipo a ser utilizado no projeto foi baseado no modelo 3D do braço mecânico de Gross (2018). Este modelo apresenta muita similaridade quanto aos movimentos e anatomia de uma mão e punho humana. Na Figura 1, apresenta-se o protótipo 3D.

Figura 1: Modelo 3D do primeiro protótipo da mão robótica



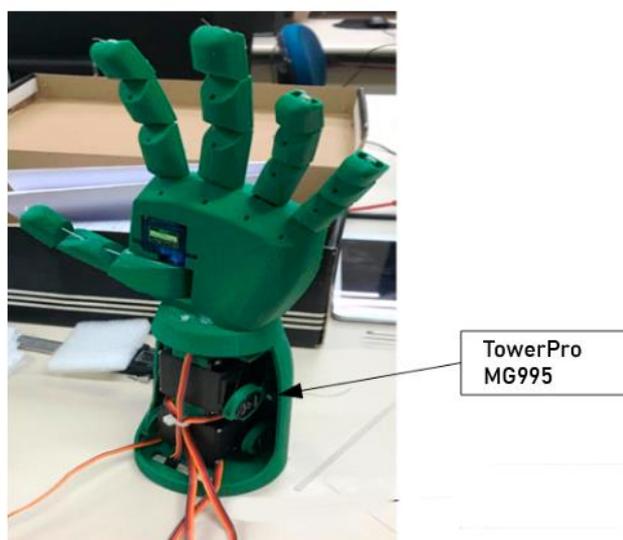
Fonte: (Gross, 2018)

Esta Prótese Robotizada pode ser dividida em duas partes, mão e punho. A mão possui todas as articulações dos dedos, que realizam movimentos de abertura e fechamento (contrações) dos mesmos mediante linhas elásticas que são acionadas mediante servomotores. No caso do “dedão” ou dedo polegar, possui um servomotor embutido para o acionamento de fechamento até a palma da mão. A contração das

articulações do polegar também é feita mediante cordão compostos por fibras elásticas.

No braço, estão os 4 motores de acionamento dos dedos da mão, ainda aqui foram alocados os drivers de força e o controlador eletrônico Arduino. Para o acionamento dos dedos, existe uma polia que traciona a linha elástica e fecha os dedos. Devido a configuração mecânica dos dedos, estes retornam a sua posição original de estendido (ou mão aberta) quando a linha é solta. Na Figura 2 é apresentado o primeiro protótipo funcional que foi impresso no IFSUL, campus Passo Fundo.

Figura 2: Protótipo eletromecânico da prótese



Fonte: Os autores

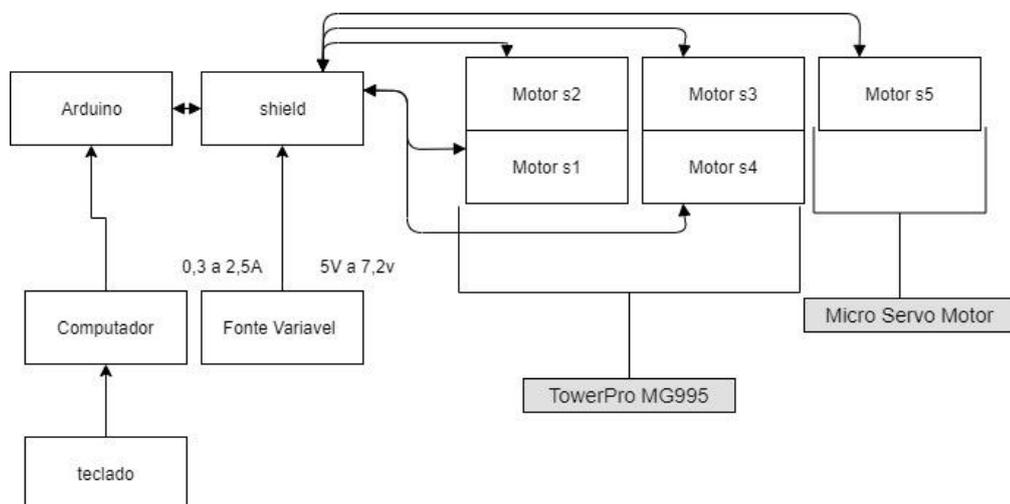
## 2.2 SISTEMA ELÉTRICO

O sistema elétrico do primeiro protótipo da prótese está composto basicamente por motores, uma plataforma controladora de prototipagem eletrônica de hardware livre denominada Arduino e o driver de potência para o acionamento dos motores. O Sistema de acionamento dos dedos está composto por 4 servos motores do tipo TowerPro MG995, e um motor Micro Servo Motor 9g Tower Pro. A plataforma de processamento de dados e controle é um Arduino UNO R3; já o driver de potência e acionamento dos motores é um Shield v5.0, foi utilizada uma fonte regulável para a alimentação do sistema a uma tensão de 5Vcc. Neste trabalho, os Servomotores MG995 são nomeados como s\_1...s\_4, sendo eles os

encarregados de movimentação dos dedos através de linhas elásticas. Isto difere no caso do dedo polegar que é movimentado com um Micro Servo SG90 (s\_5), que é acionado diretamente.

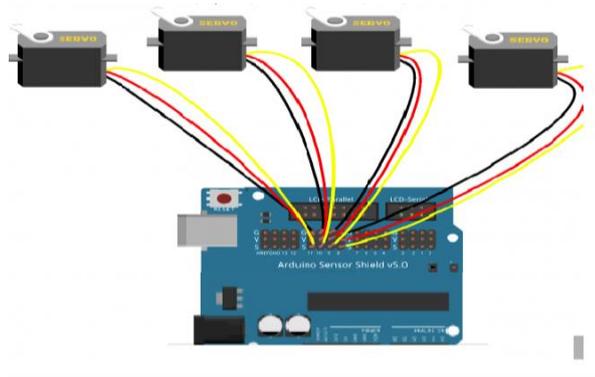
Detalhamento das funcionalidades dos motores: o motor s\_1 controla o movimento do dedo mínimo e anelar, o s\_3 do médio, s\_4 do indicador e o s\_2 controla o polegar juntamente com o Micro Servo que é nomeado como s\_5. Todos os motores são ligados diretamente ao driver Shield v5.0 e controlados via Arduino UNO. Os motores são alimentados com uma tensão de 5 V (que pode ser como máximo 7,2 V) a uma corrente de 0,35 A ( $I_{max} = 2,5 A$ ) cada. Na Figura 3, é apresentado um diagrama esquemático das conexões dos componentes elétricos do sistema em funcionamento no braço. Já a Figura 4 representa os esquemas de conexões dos servomotores no Arduino com a shield, sendo os fios vermelhos o de alimentação, os pretos da saída GNU e o amarelo de entrada de informações.

Figura 3: Diagrama esquemático de conexão elétrica



Fonte: Os autores

Figura 4: Esquemático de conexão entre o Arduino e os servomotores



Fonte: Os autores

### 2.3 SISTEMA COMPUTACIONAL

O sistema computacional foi projetado para comandar os movimentos fundamentais da prótese, que são executados através dos servomotores, cujos comandos são inicialmente processados pelo Arduino. A linguagem de programação utilizada é a própria do Arduino IDE®, baseado em C/C++. Para controlar os movimentos dos Servomotores (s\_1...s\_5), empregou-se a biblioteca “servo.h”, como é ilustrado na Figura 4.

Figura 5: Biblioteca Usada

```
comandos_certos | Arduino 1.8.10
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda
comandos_certos
#include <Servo.h> //INCLUSÃO DA BIBLIOTECA NECESSÁRIA

const int pinoServo6 = 6;
const int pinoServo8 = 8; //PINO DIGITAL UTILIZADO PELO SERVO
const int pinoServo10 = 10;
```

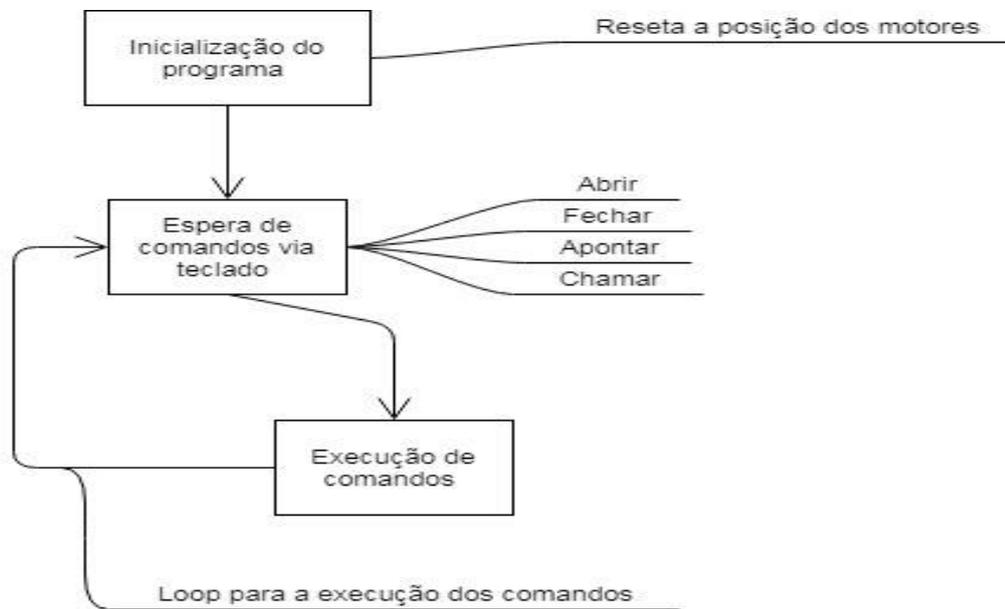
Fonte: Os autores

A execução dos movimentos da prótese foi programada para que, inicialmente, os motores sejam ativados e conduzidos à posição zero, que coincide com a posição de “mão aberta”. A partir desta funcionalidade inicial, são realizadas outras funções preestabelecidas da prótese, tais como as funções de fechar, abrir,

apontar e chamar. Estas funções são combinações de movimentos de motores em forma conjunta ou individual para a realização do movimento.

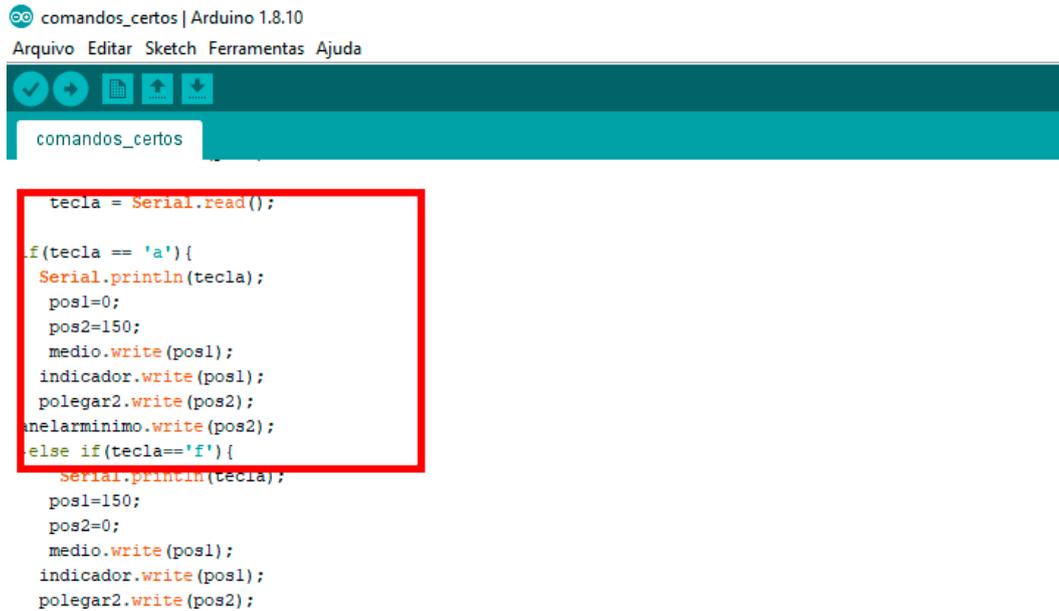
Para a execução dos movimentos, o Arduino recebe os comandos de movimento via teclado, utilizando a função “Serial.read()”, que recebe a informação e armazena na variável “tecla” permitindo a execução dos comandos de: abrir, fechar, apontar e chamar. Na Figura 5, é apresentado o fluxograma da lógica do programa principal armazenado no Arduino e, na Figura 6, é apresentado o exemplo do programa com a condição de abrir a mão.

Figura 6: Fluxograma da lógica do programa principal do braço protético



Fonte: Os autores

Figura 7: Programa com a condição de abrir a mão



```
comandos_certos | Arduino 1.8.10
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

comandos_certos

tecla = Serial.read();

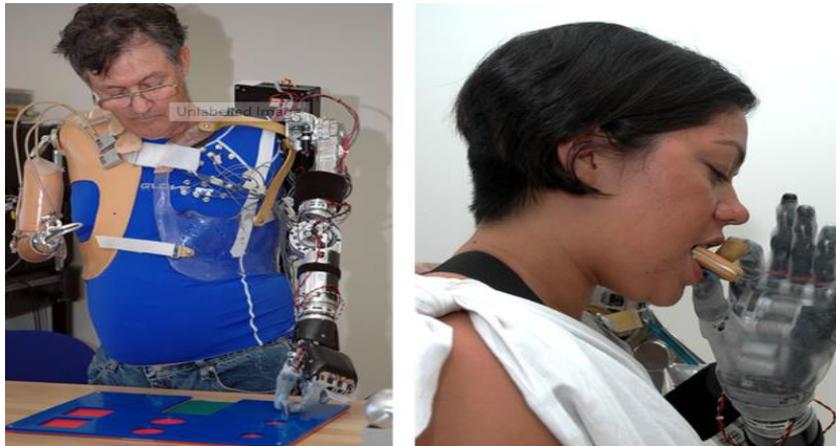
if (tecla == 'a') {
  Serial.println(tecla);
  pos1=0;
  pos2=150;
  medio.write(pos1);
  indicador.write(pos1);
  polegar2.write(pos2);
  anelarminimo.write(pos2);
} else if (tecla=='f') {
  Serial.println(tecla);
  pos1=150;
  pos2=0;
  medio.write(pos1);
  indicador.write(pos1);
  polegar2.write(pos2);
}
```

Fonte: Os autores

## 2.4 SINAIS ELETROMIOGRÁFICOS

Os sinais que movimentam a nossa mão são sinais elétricos que geram as contrações musculares e permitem fechar, abrir, indicar ou pegar objetos. Estes movimentos são o resultado de comandos gerados no cérebro e propagado ao longo dos nervos periféricos. A grande vantagem para esta aplicação, é que estes sinais podem ser captados mediante específicos, que são conhecidos como sinais EMG (Eletromiográficos) (Schultz and Kuiken, 2011). O EMG pode ser utilizado para comandar o acionamento dos motores dando completo controle do usuário sobre a prótese utilizando unicamente os seus próprios sinais elétricos. Na Figura 8, é apresentado um exemplo das possibilidades de utilização destes tipos de sinais para a reabilitação de pessoas que tenham sofrido a perda de algum membro superior.

Figura 8: Pacientes utilizando prótese ativas que são comandadas mediante sinais EMG



Fonte: (Schultz and Kuiken, 2011)

### 3. RESULTADOS INICIAIS

#### 3.1 SISTEMA ELETROMECAÂNICO

Os testes iniciais da prótese funcional, baseada no projeto mecânico de (Gross, 2018), apresentaram grandes similaridades com os movimentos naturais de uma mão humana. Os 4 movimentos iniciais que foram programadas na mão, foram implementadas satisfatoriamente (abrir, fechar, apontar e chamar), embora foi necessário o ajustes de parâmetros do driver dos motores, e ajustes de programação sobre a movimentação dos motores. Na Figura 9a e 9b, apresentam movimentos realizados pela prótese que representam movimentos do dia a dia, tal como pegar uma laranja.

Figura 9: A/B – Exemplo de movimentos da prótese



Fonte: Os autores

A primeira apresentação pública do projeto de pesquisa se deu durante o evento “IFSUL Mostra A Sua Cara”, no dia 25/09/2019. O braço demonstrou as suas funcionalidades para os alunos de diferentes escolas da região, pais, professores e os funcionários do IFSUL. Nessa ocasião, embora inicialmente tenha havido problemas funcionais com um servo-motor que estava desregulado, a aceitação do público foi alta, motivando aos pesquisadores a melhorar ainda mais o projeto.

### **3.2 SISTEMA COMPUTACIONAL**

Nos primeiros testes do algoritmo computacional, foi preciso realizar os ajustes com os motores. Primeiramente, o acionamento individual e, posteriormente, o acionamento de um grupo de motores para realização de movimentos sincronizados. Outros testes foram realizar ajuste do percurso de movimentação do motor, para não forçar o motor ao fechar mecanicamente os dedos. Feita a calibração dos motores e dos movimentos individuais dos dedos, foram programadas as funções de movimentos, que devem ser comandadas via teclado (tais como, fechar, abrir, etc.). Nesse sistema, não foi utilizado nenhum tipo de sensores para acompanhar os movimentos da prótese, sendo assim, um sistema sem realimentação dos parâmetros de movimentos.

A partir dos resultados iniciais de movimentação da prótese, foi concebida a ideia da criação de uma interface gráfica com acesso via rede sem fio. Tendo como princípio para a criação da interface o uso do .NET para rodar em qualquer dispositivo com acesso a internet, tornando o acesso ao recurso mais fácil. Este conceito ainda está em etapa de implementação.

#### **4. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES**

Devido ao fato de que a pesquisa ainda está nas primeiras etapas do plano de trabalho, os resultados alcançados foram satisfatórios. A alta aceitação das pessoas no evento “IFSUL Mostra A Sua Cara”, no dia 25/09/2019, indica que a nossa pesquisa é promissora e de alto impacto social.

Percebeu-se que é necessária que seja implantada em breve a realimentação do sistema de controle. Dita realimentação será feita mediante a leitura dos deslocamentos dos dedos durante a trajetória, permitindo, assim, um controle mais preciso das funções de movimentos. Para isso, é necessário a implementação de sensores de posição.

Sem dúvida, o principal diferencial deste trabalho será a implementação de um sistema computacional sofisticado, capaz de realizar um processamento de alto nível, e que execute algoritmos evolutivos e sejam utilizada inteligência artificial para a aprendizagem dos movimentos de cada usuário.

#### **5. AGRADECIMENTOS**

Agradecemos ao IFSUL campus Passo Fundo, e especialmente à FAPERGS pelo apoio financeiro ao desenvolvimento do projeto.

## REFERÊNCIAS

BENNETT, D.A., Dalley, S.A., Truex, D., Goldfarb, M. A Multigrasp Hand Prosthesis for Providing Precision and Conformal Grasps. **IEEE/ASME Transactions on Mechatronics** 20, p. 1697–1704. 2015. <https://doi.org/10.1109/TMECH.2014.2349855>

CALDERON, C.A., RAMIREZ, C., BARROS, V., PUNIN, G. Design and Deployment of Grasp Control System applied to robotic hand prosthesis. **IEEE Latin America Transactions** 15, p. 181–188. 2017. <https://doi.org/10.1109/TLA.2017.7854610>

GROSS, R. 3D Printable Humanoid Robotic Hand. **My MiniFactory**. 2018. Disponível em: <https://www.myminifactory.com/object/3d-print-humanoid-robotic-hand-34508>. Acesso em: 10 abr. 2019.

JOHANSEN, D., CIPRIANI, C., POPOVIĆ, D.B., STRUIJK, L.N.S.A. Control of a Robotic Hand Using a Tongue Control System—A Prosthesis Application. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering** 63, p. 1368–1376. 2016. <https://doi.org/10.1109/TBME.2016.2517742>

RAURALE, S.A., CHATUR, P.N. Identification of real-time active hand movements emg signals for control of prosthesis robotic hand, international conference on computation of power, energy, information and communication (iccpeic). **THE 2014 INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTATION OF POWER, ENERGY, INFORMATION AND COMMUNICATION (ICCPEIC)**, p. 482–487. 2014. <https://doi.org/10.1109/ICCPEIC.2014.6915412>

SCHULTZ, A.E., KUIKEN, T.A. Neural Interfaces for Control of Upper Limb Prostheses: The State of the Art and Future Possibilities. **PM&R** 3, p. 55–67. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2010.06.016>

Vasconcelos, T.B. de. Avaliação da qualidade de vida de pacientes amputados transtibiais unilaterais antes e após a protetização. **Fisioterapia Brasil** 12, p. 291–297. 2017. <https://doi.org/10.33233/fb.v12i4.927>

## CAPÍTULO 09

### ESTUDO DE UM PÊNDULO SIMPLES COMO FUNÇÃO DO ÂNGULO DE ABERTURA

#### **Fernando José Antônio**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
E-mail: fjantonio@utfpr.edu.br

#### **Diego Costa Vinha**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
E-mail: vinha@alunos.utfpr.edu.br

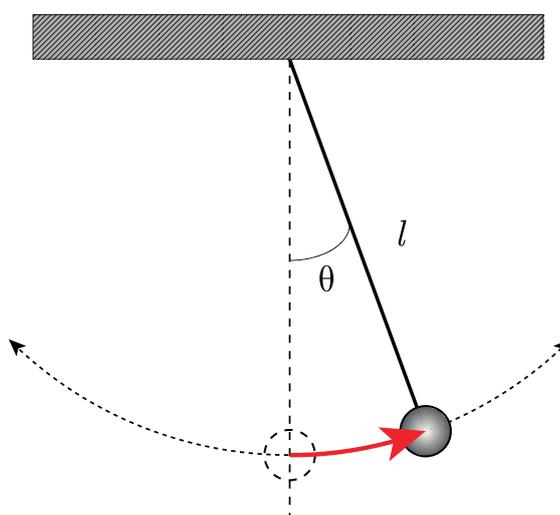
**Resumo:** Muitos movimentos aparentemente periódicos são regidos por equações diferenciais não-lineares. O pêndulo simples é um exemplo clássico disso. Muitos livros-texto usam uma aproximação de ângulos pequenos, transformando a equação diferencial em linear aproximando  $\sin \theta$  por  $\theta$ . Entretanto, uma abertura inicial de  $20^\circ$  já acarreta em um erro percentual relativo de mais de 2,0% nessa aproximação, o que torna a metodologia bastante grosseira para aplicações do dia a dia. Neste trabalho, melhoramos a aproximação usual considerando também um termo não-linear que é tratado como uma perturbação na equação do oscilador harmônico simples. Dessa forma, chegamos a uma correção para a frequência angular do sistema que apresenta boa concordância com dados experimentais até para ângulos consideravelmente grandes.

**Palavras-chave:** Pêndulo Simples; Ângulo de abertura; Teoria de Perturbação

## 1. INTRODUÇÃO

Um pêndulo simples consiste em uma partícula de massa  $m$  suspensa por um fio inextensível cuja massa é desprezível e de comprimento fixo, que chamaremos de  $l$ , como indicado na Figura 1 (RESNICK, 2003; YOUNG, 2015). A outra extremidade do fio deve estar presa e fixa.

Figura 1: Ilustração de um pêndulo simples, no qual uma massa está presa a um fio de comprimento  $l$ , fixo. O movimento oscilatório tem amplitude que depende do ângulo de abertura inicial  $\varphi$ .



Fonte: Os autores

Quando o pêndulo é afastado da posição de equilíbrio e abandonado a partir do repouso, ele oscilará em torno da posição de equilíbrio, sendo que sua velocidade será máxima no ponto mais baixo da trajetória e ela será nula nos pontos mais altos. Desconsiderando-se quaisquer forças dissipativas atuando nesse sistema, o movimento desse sistema é regido pela equação

$$\ddot{\theta} + \omega^2 \sin \theta = 0, \quad (1)$$

em que cada ponto representa uma derivada temporal e

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}, \quad (2)$$

é a frequência angular do sistema, uma função do comprimento do fio e de  $g$ , a aceleração gravitacional no local. Por conveniência, limitaremos  $\theta$  ao primeiro quadrante. A demonstração da Eq. (1) é direta, podendo ser feita via conservação da energia ou mesmo aplicando as leis de Newton ao movimento. As condições de contorno que devem ser aplicadas à Eq. (1) são

$$\begin{aligned}\theta(0) &= \varphi \\ \dot{\theta}(0) &= 0\end{aligned}\tag{3}$$

em que  $0 < \varphi < \frac{\pi}{2}$  rad é o ângulo de abertura inicial e  $t \geq 0$  representa o tempo, que começa a ser contado a partir do instante de lançamento.

A Eq. (1) é uma equação diferencial não-linear e sua solução pode ser obtida por meio de integrais elípticas (SALAS, 2021; BELÉNDEZ, 2021). Entretanto, o processo de resolução é bastante trabalhoso e não se tem uma forma analítica simples para a solução. Dessa forma, costuma-se simplificar a Eq. (1) usando a aproximação  $\sin \theta \simeq \theta$ , que é válida para valores pequenos de  $\theta$ , quando medido em radianos. A justificativa para isso vem de uma expansão da função seno em série de Taylor:

$$\theta(t) = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{\theta^{2n+1}}{(2n+1)!} = \theta - \frac{1}{3!}\theta^3 + \frac{1}{5!}\theta^5 - \frac{1}{7!}\theta^7 + \dots\tag{4}$$

que é, então, truncada no primeiro termo. Essa aproximação transforma a equação na mesma equação diferencial que rege um oscilador harmônico simples; exatamente como no problema de um sistema massa-mola sem forças dissipativas e cuja solução já é bem conhecida: uma função periódica como o cosseno (RESNICK, 2003; YOUNG, 2015). Esse procedimento é bastante usual para fins didáticos. Porém, tal aproximação falha sistematicamente à medida que  $\theta$  aumenta, sendo que para  $\theta = 5,0^\circ$  já leva a um desvio percentual relativo de 0,13% na equação. Para ângulos maiores ou iguais a ele, a aproximação torna-se muito imprecisa.

Neste trabalho, visamos melhorar a aproximação da Eq. (1) considerando também o primeiro termo não-linear, que será tratado como uma perturbação no sistema do oscilador harmônico simples. Esse termo extra levará a uma correção na frequência angular do sistema, permitindo boa concordância com a previsão teórica até mesmo para ângulos consideravelmente grandes.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 CÁLCULO ANALÍTICO

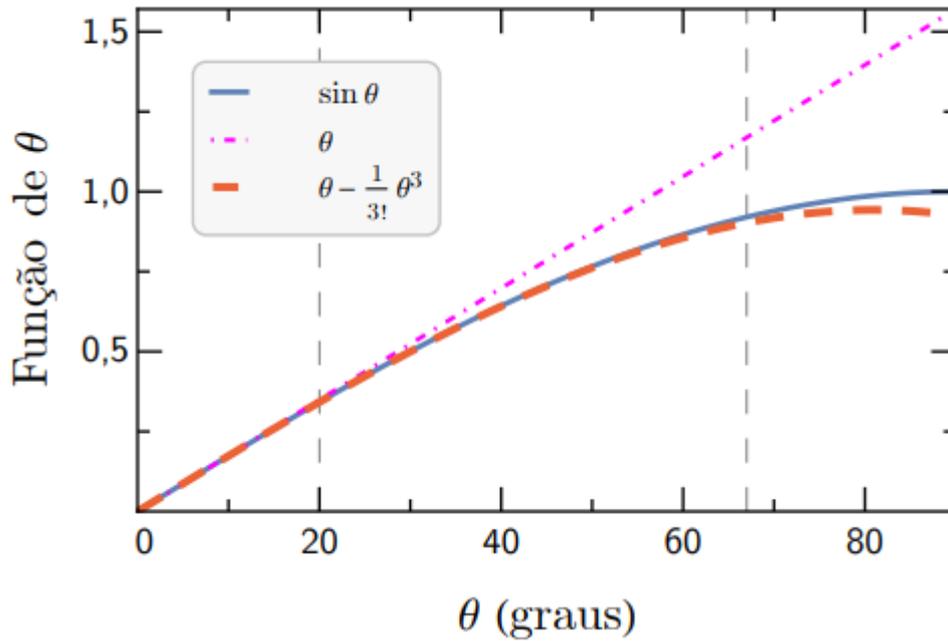
De forma a obter uma aproximação da Eq. (1) válida para ângulos de abertura maiores, vamos considerar a soma da Eq. (4) truncada no segundo termo, o que leva a

$$\ddot{\theta}(t) + \omega^2\theta - \frac{1}{3!}\omega^2\theta^3 = 0. \quad (5)$$

Esta equação é um caso particular da equação de Duffing (KOVACIC, 2011) quando é desconsiderado o termo de amortecimento e não há forças externas atuando no sistema. A equação de Duffing apresenta inúmeras aplicações em física envolvendo caos (GUSSO, 2021; SHEU, 2021).

Para comparação da necessidade em se considerar esse termo extra, apresentamos a Figura 1. A linha contínua azul representa a função  $\sin \theta$ . A linha tracejada laranja representa a aproximação proposta neste trabalho, enquanto que a reta rosa representa a aproximação usual. Percebe-se visualmente que a aproximação proposta é bem mais eficiente. Enquanto a aproximação linear falha em mais de 2,0% para abertura de  $20^\circ$ , a aproximação proposta ainda falha em menos de 2,0% para uma abertura de  $67^\circ$ . Esses dois valores estão representados pelas linhas verticais tracejadas para auxílio visual.

Figura 2: Comparação da efetividade das duas aproximações para  $\sin \theta$ .



Fonte: Os autores

Uma vez que a aproximação usada na Eq. (5) aparenta ser suficiente para nossos propósitos, passaremos à solução da mesma. Sempre que  $0 < \theta < 1$  rad, o termo cúbico é pequeno em comparação ao termo linear. Dessa forma, ele pode ser tratado como uma perturbação na equação do oscilador harmônico simples. Assim, temos que

$$\ddot{\theta}(t) + \omega^2 \theta = -\varepsilon \theta^3, \quad (6)$$

em que  $\varepsilon = -\frac{1}{3!}\omega^2$  é o termo associado à perturbação no sistema (NAYEH, 1973; KEVORKIAN, 1981). Assumindo que

$$\theta(t) = \sum_{i=0}^{\infty} \varepsilon^i \theta_i(t) = \theta_0 + \theta_1 \varepsilon + \theta_2 \varepsilon^2 + \theta_3 \varepsilon^3 + \dots \quad (7)$$

seja uma expansão assintótica de  $\theta(t)$  na base ortogonal formada pelas potências de  $\varepsilon$ , podemos mostrar que a Eq. (5) leva a

$$\begin{aligned}
& (\ddot{\theta}_0 + \ddot{\theta}_1 \varepsilon + \ddot{\theta}_2 \varepsilon^2 + \ddot{\theta}_3 \varepsilon^3 + \dots) + \omega^2(\theta_0 + \theta_1 \varepsilon + \theta_2 \varepsilon^2 + \theta_3 \varepsilon^3 + \dots) \\
& = -\varepsilon(\theta_0 + \theta_1 \varepsilon + \theta_2 \varepsilon^2 + \theta_3 \varepsilon^3 + \dots)^3.
\end{aligned} \tag{8}$$

Igualando os coeficientes de mesma potência em  $\varepsilon$ , que são linearmente independentes, chega-se a um sistema de infinitas equações diferenciais, a saber,

$$\begin{aligned}
\text{termos de ordem } \varepsilon^0 & \Rightarrow \ddot{\theta}_0 + \omega^2 \theta_0 = 0 \\
\text{termos de ordem } \varepsilon^1 & \Rightarrow \ddot{\theta}_1 + \omega^2 \theta_1 = -\theta_0^3 \\
\text{termos de ordem } \varepsilon^2 & \Rightarrow \ddot{\theta}_2 + \omega^2 \theta_2 = -3\theta_0^2 \theta_1 \\
\text{termos de ordem } \varepsilon^3 & \Rightarrow \ddot{\theta}_3 + \omega^2 \theta_3 = -3\theta_0 \theta_1^2 - 3\theta_0^2 \theta_2
\end{aligned} \tag{9}$$

Por conveniência, apresentamos apenas as equações diferenciais para as menores potências de  $\varepsilon$ . As demais, podem ser escritas de forma análoga. Vale ressaltar que, devido às propriedades da expansão assintótica, as condições de contorno expressas na Eq. (3) passam a ser

$$\begin{aligned}
\theta_0(0) &= \varphi \\
\dot{\theta}_0(0) &= 0 \\
\theta_i(t) &= 0, \quad \forall i \in \mathbb{N}^* \\
\dot{\theta}_i(t) &= 0, \quad \forall i \in \mathbb{N}^*
\end{aligned} \tag{10}$$

Empregando essas condições de contorno e resolvendo o sistema de equações computacionalmente, chegamos às seguintes soluções gerais para cada potência de  $\varepsilon$ :

$$\begin{aligned}
\theta_0(t) &= [\varphi \cos(\omega t)] t^0 \\
\theta_1(t) &= \left[ \frac{-3\varphi^3}{8\omega} \sin(\omega t) \right] t^1 + [*] t^0 \\
\theta_2(t) &= \left[ \frac{-9\varphi^5}{128\omega^2} \cos(\omega t) \right] t^2 + [*] t^1 + [*] t^0 \\
\theta_3(t) &= \left[ \frac{9\varphi^7}{1024\omega^3} \sin(\omega t) \right] t^3 + [*] t^2 + [*] t^1 + [*] t^0
\end{aligned} \tag{11}$$

onde a notação  $[*]$  representa termos que não foram escritos porque serão desprezados, como será explicado mais adiante. Apesar de  $\varepsilon$  ser pequeno, estas soluções divergem quando  $t$  cresce indefinidamente. É importante observar que a solução de cada equação é composta por combinações lineares de  $t$ , sendo que os termos dominantes de cada expressão são aqueles que têm maior potência de  $t$ , e são denominados de *seculares*. Por extensão, vemos que o termo dominante da

solução para  $\theta_i(t)$  é sempre  $t^i$  multiplicado por uma função trigonométrica e uma constante, o que abre a possibilidade de um rearranjo de termos. Sendo assim, agrupando os termos seculares, têm-se que

$$\theta(t) \doteq [\varphi \cos(\omega t)](t\varepsilon)^0 + \left[ -\frac{3\varphi^3}{8\omega} \sin(\omega t) \right] (t\varepsilon)^1 + \left[ -\frac{9\varphi^5}{128\omega^2} \cos(\omega t) \right] (t\varepsilon)^2 + \left[ \frac{9\varphi^7}{1024\omega^3} \sin(\omega t) \right] (t\varepsilon)^3 + \dots \quad (12)$$

Vale notar que todos os termos não-seculares foram desconsiderados por conta da natureza da expansão assintótica de  $\theta(t)$  em potências de  $\varepsilon$ . A soma definida na Eq. (12) pode ser reescrita por meio de funções trigonométricas complexas, originárias da fórmula de Euler. Ou seja,

$$\theta(t) \doteq \varphi \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n!} \left( \frac{3\varphi^2 t\varepsilon}{8\omega} \right)^n \left[ \frac{e^{i\omega t} + (-1)^n e^{-i\omega t}}{2} \right] i^n. \quad (13)$$

Dado que a Eq. (13) é uma soma sobre todos os números naturais, podemos separá-la em termos ímpares e pares. Dessa forma, pode ser representada como

$$\theta(t) \doteq \varphi \sum_{a=0}^{\infty} \frac{1}{(2a+1)!} \left( \frac{3\varphi^2 t\varepsilon}{8\omega} \right)^{2a+1} \left[ \frac{e^{i\omega t} + (-1)^{2a+1} e^{-i\omega t}}{2} \right] i^{2a+1} + \varphi \sum_{b=0}^{\infty} \frac{1}{(2b)!} \left( \frac{3\varphi^2 t\varepsilon}{8\omega} \right)^{2b} \left[ \frac{e^{i\omega t} + (-1)^{2b} e^{-i\omega t}}{2} \right] i^{2b}. \quad (14)$$

Considerando que tanto  $a$  quanto  $b$  são números naturais, sempre vale que  $(-1)^{2a+1} = -1$ , que  $i^{2a+1} = i(i^2)^a = (-1)^a i$ , que  $(-1)^{2b} = 1$  e que  $i^{2b} = (i^2)^b = (-1)^b$ . Assim, os termos entre colchetes da Eq. (14) podem ser simplificados como

$$\left\{ \begin{array}{l} \left[ \frac{e^{i\omega t} + (-1)^{2a+1} e^{-i\omega t}}{2} \right] i^{2a+1} = \left[ \frac{e^{i\omega t} - e^{-i\omega t}}{2} \right] (-1)^a i = (-1)^a [-\sin(\omega t)] \\ \left[ \frac{e^{i\omega t} + (-1)^{2b} e^{-i\omega t}}{2} \right] i^{2b} = \left[ \frac{e^{i\omega t} + e^{-i\omega t}}{2} \right] (-1)^b = (-1)^b [\cos(\omega t)] \end{array} \right. \quad (15)$$

Substituindo o resultado apresentado na equação (15) na equação (14), chegamos em

$$\theta(t) \doteq -\varphi \sum_{a=0}^{\infty} \frac{(-1)^a}{(2a+1)!} \left(\frac{3\varphi^2 t \varepsilon}{8\omega}\right)^{2a+1} \sin(\omega t) + \varphi \sum_{b=0}^{\infty} \frac{(-1)^b}{(2b)!} \left(\frac{3\varphi^2 t \varepsilon}{8\omega}\right)^{2b} \cos(\omega t). \quad (16)$$

A equação (16) admite ser simplificada novamente através da expansão em série de potência do seno e cosseno quando aplicada a relação trigonométrica do cosseno da soma e da diferença de dois arcos. Assim, obtivemos a expressão

$$\theta(t) \doteq \varphi \cos\left[\left(\omega + \frac{3\varphi^2 \varepsilon}{8\omega}\right)t\right]. \quad (17)$$

Substituindo  $\varepsilon = -\frac{1}{3!}\omega^2$  na equação (17), chegamos à equação

$$\theta(t) \doteq \varphi \cos(\omega_{te0} t), \quad (18)$$

sendo que a frequência angular do sistema perturbado  $\omega_{te0}$  é uma função do ângulo de abertura  $\varphi$  e da frequência angular do sistema não-perturbado  $\omega$ , ou seja,

$$\omega_{te0} = \left(1 - \frac{\varphi^2}{16}\right)\omega. \quad (19)$$

Dessa forma, concluímos que a solução da Eq. (6) é análoga à solução para o caso do pêndulo simples usual, entretanto, com uma ligeira correção na frequência angular esperada que depende do quadrado do ângulo de lançamento em radianos, como indicado pela Eq. (19). Assim, quanto maior o ângulo de abertura inicial, menor será  $\omega_{te0}$  em comparação com  $\omega$ .

## 2.2 VALIDAÇÃO EXPERIMENTAL

Para validar o resultado teórico por meio de evidência experimental, montamos um pêndulo simples em um laboratório didático de física. O comprimento do pêndulo

foi considerado como a distância entre a parte superior, onde o fio estava preso, até o centro de massa do corpo suspenso (conforme a Figura 1), o que levou a  $l = (0,8640 \pm 0,0005)$  m. Ao todo, foram realizadas medições para 7 ângulos de lançamento distintos:  $\varphi = (5,0 \pm 0,5)^\circ$ ,  $(10,0 \pm 0,5)^\circ$ ,  $(15,0 \pm 0,5)^\circ$ ,  $(20,0 \pm 0,5)^\circ$ ,  $(25,0 \pm 0,5)^\circ$ ,  $(30,0 \pm 0,5)^\circ$  e  $(35,0 \pm 0,5)^\circ$ , sendo que foram tomadas dez medidas para cada um desses ângulos para se ter um valor médio mais próximo do real. Para as baterias de medidas, medimos o período  $\Delta T$  (incerteza  $\delta T = 0,01$  s) de dez oscilações para as quatro menores aberturas e cinco oscilações para as três aberturas maiores. Optamos por essa redução no número de oscilações para evitar possíveis tendência por conta de perda de energia. Também optamos por limitar o ângulo de abertura  $\varphi$  em  $35,0^\circ$  para garantir que o termo não-linear da Eq. (6) pudesse realmente ser tratado como uma perturbação na equação.

Os dados coletados ao longo do experimento são apresentados na Tabela 1, bem como o valor médio computado.

Tabela 1: Dados experimentais coletados por meio de um experimento de pêndulo simples para diferentes ângulos de abertura  $\varphi$ . A última coluna apresenta os valores médios computados

$\varphi$ ( $^\circ$ )	$\Delta T_1$ (s)	$\Delta T_2$ (s)	$\Delta T_3$ (s)	$\Delta T_4$ (s)	$\Delta T_5$ (s)	$\Delta T_6$ (s)	$\Delta T_7$ (s)	$\Delta T_8$ (s)	$\Delta T_9$ (s)	$\Delta T_{10}$ (s)	$\bar{T}$ (s)
<b>5,0</b>	18,65	18,65	18,73	18,70	18,65	18,63	18,54	18,80	18,65	18,65	<b>1,86 7</b>
<b>10,0</b>	18,78	18,80	18,80	18,83	18,73	18,73	18,81	18,76	18,73	18,70	<b>1,87 7</b>
<b>15,0</b>	18,75	18,81	18,70	18,70	18,69	18,73	18,75	18,73	18,80	18,75	<b>1,87 4</b>
<b>20,0</b>	18,89	18,91	18,88	18,93	18,85	18,81	18,82	18,90	18,91	18,86	<b>1,88 8</b>
<b>25,0</b>	9,53	9,55	9,53	9,55	9,53	9,58	9,43	9,48	9,60	9,55	<b>1,91</b>
<b>30,0</b>	9,51	9,61	9,54	9,50	9,50	9,46	9,58	9,45	9,53	9,63	<b>1,91</b>
<b>35,0</b>	9,58	9,55	9,58	9,65	9,65	9,60	9,63	9,62	9,55	9,53	<b>1,92</b>

Fonte: Os autores

A frequência angular de um movimento harmônico simples pode ser escrita como o inverso do período de uma oscilação completa, sendo assim, pode ser expressa como

$$\omega_{\text{exp}} = \frac{2\pi}{T}. \quad (20)$$

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Usando a equação (20) para calcular a frequência angular na forma experimental  $\omega_{\text{exp}}$  para os respectivos ângulos de abandono e seu período de oscilação bem como a incerteza associada. Os resultados obtidos estão dispostos na Tabela 2. Nessa mesma tabela, apresentamos a previsão teórica para o modelo experimentado e a incerteza esperada.

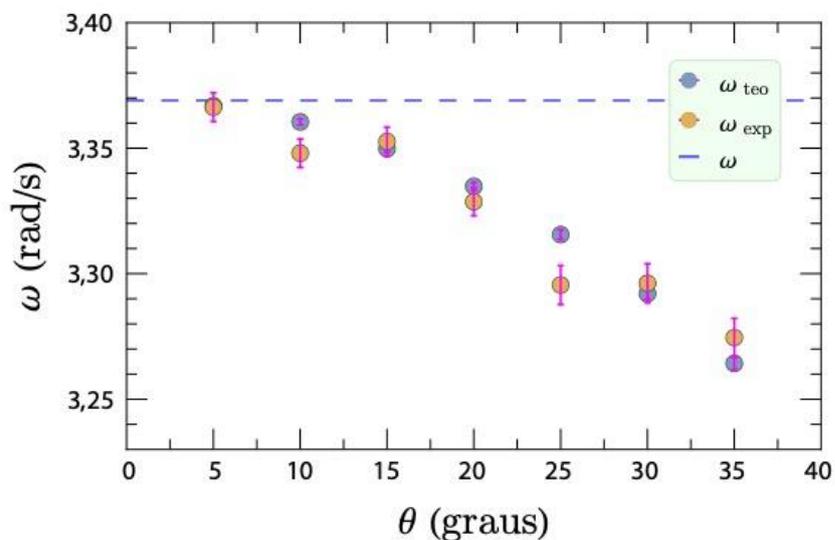
Tabela 2: Frequência angular experimental para cada ângulo de abandono experimentado e a respectiva previsão teórica. Para ambos os valores, são apresentadas as incertezas propagadas

$\varphi$ (°)	$(\omega_{\text{exp}} \pm \delta\omega_{\text{exp}})$ rad/s	$(\omega_{\text{teo}} \pm \delta\omega_{\text{teo}})$ rad/s
<b>5,0</b>	3,366 ± 0,006	3,367 ± 0,001
<b>10,0</b>	3,348 ± 0,006	3,360 ± 0,001
<b>15,0</b>	3,353 ± 0,006	3,350 ± 0,001
<b>20,0</b>	3,329 ± 0,006	3,335 ± 0,002
<b>25,0</b>	3,30 ± 0,01	3,316 ± 0,002
<b>30,0</b>	3,30 ± 0,01	3,292 ± 0,002
<b>35,0</b>	3,27 ± 0,01	3,264 ± 0,002

Fonte: Os autores

Na Figura (3) mostramos uma comparação da previsão teórica para frequência angular do sistema perturbado em comparação com a medida experimental. Ambas são mostradas com as respectivas barras de erro calculadas por meio de propagação de incertezas usual. Além disso, é mostrado o resultado obtido com a aproximação linear usual do pêndulo simples, dada pela linha tracejada. Percebe-se um bom acordo entre a medida experimental com o resultado previsto pela perturbação no pêndulo simples, sendo que a aproximação linear usual já leva a resultados duvidosos acima de 5°. Em particular, destaca-se que o resultado experimental e o proposto na Eq. (19) seguem a estrutura de uma parábola com concavidade para baixo, fazendo com que a frequência angular decresça à medida que aumentamos o ângulo de abandono inicial.

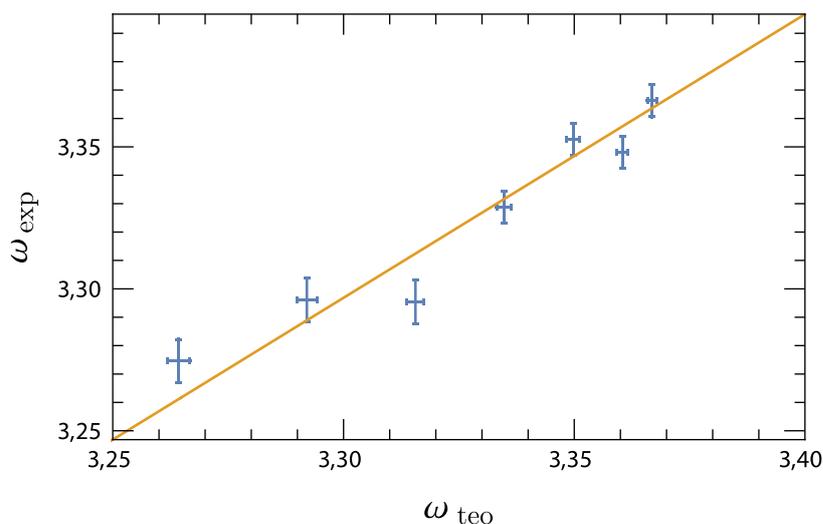
Figura 3: Gráfico comparativo da frequência angular experimental com a previsão teórica considerando ou não a perturbação cúbica no pêndulo simples



Fonte: Os autores

Para confrontar a relação entre  $\omega_{exp}$  e  $\omega_{teo}$ , montamos a Figura (4). A lei isométrica apresentada nessa figura evidencia que a previsão teórica da Eq. (19) é uma boa aproximação tanto para ângulos pequenos quanto para ângulos razoavelmente grandes ( $\lesssim 35^\circ$ ), o que a torna bastante interessante para aplicações em laboratórios didáticos, nos quais, pêndulos simples são usualmente empregados para se estimar o valor da aceleração gravitacional no local do experimento.

Figura 4: Correlação entre a frequência angular experimental e a teórica. A reta laranja é um ajuste aos dados e apresenta inclinação 0,999 (95% CI: (0,995, 1,003) e  $R^2 = 1,000$ )



Fonte: Os autores

## 4. CONCLUSÃO

Quando deduzida a equação do movimento do pêndulo simples, o termo não linear  $\sin \theta$  é usualmente aproximado para o primeiro termo da expansão de seno baseada na série de Taylor. Isso torna a equação do movimento muito mais simples de resolver, visto que se chega a uma equação do oscilador harmônico simples, típica de problemas massa-mola e com solução bastante conhecida. Porém, essa aproximação da função seno limita-se ao caso em que o movimento da partícula consiste em pequenas amplitudes, o que não é o caso na maior parte das aplicações. Quando propusemos truncar a aproximação baseada na série de Taylor no segundo termo, a equação resultante do movimento tornou-se adequada para amplitude maiores. Considerando esse termo não-linear como uma perturbação na equação do oscilador harmônico, chegamos a uma correção para a frequência angular das oscilações que depende do ângulo de abertura inicial. Apesar de envolver um método perturbativo aproximado na solução, a expressão final obtida foi uma equação trigonométrica simples que relaciona a frequência angular do sistema com a frequência angular de um oscilador harmônico simples. Identificamos que os resultados teóricos obtidos corroboraram um experimento de pêndulo simples para ângulos de abertura variando entre  $5^\circ$  e  $35^\circ$ . De maneira geral, os resultados obtidos neste trabalho podem ser usados em aplicações diversas, incluindo as práticas supervisionadas em laboratórios de física, por exemplo.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná pelo empréstimo de equipamentos e laboratórios de física.

## REFERÊNCIAS

BELÉNDEZ, A.; et al. Exact solution for the nonlinear pendulum, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 4, p. 645-648, (2007). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172007000400024>. Acesso em: outubro 2021.

GUSSO, A.; UJEVIC, S.; VIANA, R. L. Strong chaotification and robust chaos in the Duffing oscillator induced by two-frequency excitation. **Nonlinear Dyn**, 103:1955–1967, (2021). Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11071-020-06183-4>. Acesso em: outubro 2021.

KEVORKIAN. J.; COLE, J. D., *Perturbation Methods in Applied mathematics*, Springer-Verlag, New York, 1981.

KOVACIC, I.; BRENNANN, M. J. *The Duffing Equation: Nonlinear Oscillators and their Behaviour*, John Wiley & Sons, 2011.

NAYEH, A. H. *Perturbation Methods*, John Willey & Sons, 1973.

RESNICK, R.; HALLIDAY, D.; WALKER, J., *Fundamentals of Physics*. 9.ed. John Wiley & Sons, 2011.

SALAS, A. H. SALAS; CASTILLO H., J. E. Exact Solution to Duffing Equation and the Pendulum Equation. **Applied Mathematical Sciences**, v. 8, 2014, n. 176, 8781-8789. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.12988/ams.2014.44243>. Acesso em: outubro 2021.

SHEU, L.-J.; et al. Chaotic dynamics of the fractionally damped Duffing equation. **Chaos, Solitons & Fractals**, v. 32, n. 4, 1459-1468 (2007). Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2005.11.066>. Acesso em: outubro 2021.

YOUNG, H. D. *Física II: Sears e Zemansky: termodinâmica e ondas*. 10. Ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2015.

## CAPÍTULO 10

### OS IMPACTOS DA LEI GERAL DE PROTEÇÃO DE DADOS PARA AS PEQUENAS, MÉDIAS E GRANDES EMPRESAS

**Gisele Aparecida Chagas**

Fatec de Itapira Ogari de Castro Pacheco  
E-mail: gichagas@gmail.com

**Luiz Henrique Biazotto**

Fatec de Itapira Ogari de Castro Pacheco – Fatec de Mogi Mirim Arthur de Azevedo – Etec Pedro Ferreira Alves  
E-mail: luiz.biazotto@fatec.sp.gov.br

**Resumo:** A Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) regulamenta o tratamento de dados pessoais no Brasil e traz mudanças importantes no que se refere à privacidade da pessoa natural. Essas mudanças impactam diretamente as empresas, pois toda organização seja grande, média ou pequena, pública ou privada, faz tratamento de dados pessoais. O presente artigo se caracteriza como uma pesquisa qualitativa exploratória, através do estudo da lei e de métodos de adequação para as pequenas, médias e grandes empresas.

**Palavras-chave:** LGPD; Tratamento de Dados; Segurança da Informação.

**Abstract:** The General Data Protection Law (LGPD) regulates the treatment of personal data in Brazil and brings important changes regarding the privacy of the natural person. These changes directly impact companies, as every organization, whether large, medium, or small, public, or private, processes personal data. This article is characterized as an exploratory qualitative research, through the study of the law and methods of adaptation for small, medium and big companies.

**Keywords:** LGPD; Data Processing; Information Security.

## 1. INTRODUÇÃO

Com a publicação e aprovação da Lei Federal 13.709, de 14 de agosto de 2018, mais conhecida como Lei Geral de Proteção de Dados ou simplesmente “LGPD”, o Brasil se integrou ao grupo de mais de 120 países que possuem legislação específica para proteção de dados pessoais. A LGPD é a primeira legislação que efetivamente regulamenta o tema de forma ampla, já que até hoje a regulamentação era feita de forma esparsa por meio da Constituição Federal, do Código Civil, do Código de Defesa do Consumidor e do Marco Civil da Internet, porém sem regras claras e específicas, o que dificulta o cumprimento do Direito. A aplicação desse princípio hoje é feita caso a caso pelo Judiciário, o que gera falta de uniformidade e segurança jurídica (MACHADO, 2019).

A LGPD brasileira tem grande influência da lei europeia *General Data Protection Regulation* ou “GDPR”, consolidada em 27 de abril de 2016, tendo um prazo de dois anos para entrar em vigor, o qual já se esgotou em 25 de maio de 2018. (MACHADO, 2019) A *GDPR* causou um efeito em cadeia, pois vários países seguiram seu exemplo de regulamentar a proteção de dados pessoais, visto inclusive que países que quisessem manter relações comerciais com a UE deveriam ter uma legislação semelhante a *GDPR*, sendo que o país que não possuísse legislação de mesmo nível poderia ser barrado em transações econômicas com países europeus (PINHEIRO, 2018).

Na atualidade mundial todas as empresas ou organizações grandes ou pequenas de alguma maneira trabalham com dados pessoais, vivemos atualmente na era dos dados, sendo os nossos dados a nossa representação no mundo virtual (LEMOS, 2019).

A legislação brasileira se aplica ao tratamento de dados realizado em qualquer meio, seja físico ou digital, e tem relevância para toda e qualquer organização pública ou privada, como também para pessoa física ou jurídica, que realizam qualquer tratamento de dados pessoais (DONDA, 2020).

A LGPD propõe muito mais que uma mudança legislativa, ela se propõe a gerar uma mudança cultural e de hábitos no que se refere a tratamento de dados. Segundo Lemos (2019) para que o Brasil possa se posicionar como um país forte em Inteligência Artificial, é preciso uma política eficiente na questão de uso e tratamento

de dados, de forma que proteja os direitos das pessoas sem esquecer que os dados hoje são fundamentais para o desenvolvimento de qualquer país.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

A LGPD entrou em vigor dia 18 de setembro de 2020, exceto seus dispositivos relativos às sanções administrativas que passam a valer somente a partir de agosto de 2021. O órgão responsável por regulamentar e fiscalizar procedimentos sobre a LGPD será a Autoridade Nacional de Proteção de Dados Pessoais ou simplesmente “ANPD”. Não é porque a ANPD ainda não está atuando que as empresas estão livres de sofrer ações judiciais, sendo de grande importância a adequação imediata das empresas.

As sanções administrativas para o descumprimento da lei estão previstas no art. 52 da LGPD, onde irão desde uma advertência até uma multa que pode chegar ao valor de R\$ 50.000.000,00 (cinquenta milhões de reais) por infração (BRASIL, 2018).

Segundo Paludetto e Barbieri (2019), no mundo todas as empresas sofrem com o crescente aumento de ameaça à segurança e confidencialidade dos dados. No Brasil com entrada em vigor da LGPD, e com a possibilidade de sofrer punições severas, pode-se concluir que uma das maiores preocupações das empresas está em como proteger os dados coletados.

Com a globalização e o desenvolvimento de novas tecnologias as empresas travam competições cada vez mais vorazes pela conquista de novos clientes, desenvolvendo questionamentos sobre a segurança das informações corporativas e de seus clientes.

Através da proteção dos dados a lei prevê o respeito à privacidade, liberdade de expressão, informação e opinião garantindo que a intimidade e imagem das pessoas seja preservada. O Art. 1º da LGPD deixa claro esse objetivo, “Esta Lei dispõe sobre o tratamento de dados pessoais, inclusive nos meios digitais, por pessoa natural ou por pessoa jurídica de direito público ou privado, com o objetivo de proteger os direitos fundamentais de liberdade e de privacidade e o livre desenvolvimento da personalidade da pessoa natural” (BRASIL, 2018).

A LGPD trata dos direitos dos titulares dos dados e dos deveres das empresas em como tratar, manipular e proteger esses dados e será aplicada a toda pessoa física ou jurídica de direito público ou privado, independentemente do meio, do país de sua sede ou do país onde estejam localizadas as bases de dados, desde que a coleta dos dados ou a operação de tratamento seja realizada em território brasileiro. Entretanto, a lei não se aplica quando o tratamento de dados pessoais for realizado por pessoas naturais, para fins exclusivamente particulares e não econômicos, quando os dados forem exclusivamente para fins jornalístico ou artístico, para fins acadêmicos ou para fins que envolvam a segurança nacional (BRASIL, 2018).

Com essas narrativas justifica-se o aumento de investimento com segurança da informação nos setores de TI das empresas, tomando ações para que futuros problemas com vazamento de dados não aconteçam. Também é comum casos de empresas que fazem o uso de forma incorreta dos dados de seus clientes, vendendo ou fornecendo os dados pessoais sem a conscientização e consentimento deles.

### **3. MÉTODO**

Metodologia é a definição de como fazer a coleta de dados de uma pesquisa e como fazer a análise desses dados para solucionar o problema do tema escolhido. Por meio dela é que devem ser definidos os instrumentos e fontes para a coleta de dados (Severino, 2002, p 32).

Para o desenvolvimento deste trabalho, o método escolhido foi o qualitativo e enquadra-se no tipo exploratório, com a finalidade de analisar a Lei Federal nº 13.709, leitura de livros de especialistas na área para compreender as funções e obrigações dos agentes da LGPD e buscar metodologia para o tratamento de dados. Em virtude de ser uma pesquisa sobre uma legislação nova e que entrou em vigor recentemente, ela “é realizada em áreas nas quais há pouco conhecimento acumulado e sistematizado.

### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Segundo pesquisas realizadas pela Capterra 25% das pequenas ou médias empresas não tem nenhum conhecimento sobre a LGPD, e dentre as que tem conhecimento, somente 40% dizem estar preparadas para sua vigência (Meireles,

2020). Até mesmo um micro empreendedor individual mantém um cadastro de seus clientes, mesmo que seja somente através de uma ficha em papel. Entretanto para coletar qualquer tipo de dado a empresa deverá informar ao cliente qual a finalidade de uso, obter sua permissão de forma expressa e informar as medidas de proteção desses dados (MEIRELES, 2020).

Boas práticas de segurança de dados são recomendadas há mais de 20 anos, porém como não era uma exigência, mas apenas uma recomendação, poucas empresas faziam uso dessas recomendações, afinal isso envolve custos com pessoal, tecnologia e treinamento (POHLMANN, 2020). Agora todas as empresas terão que implementar independentemente do tamanho e custo que isso irá gerar, caso contrário, podem sofrer multas, sanções ou problemas contratuais.

Teixeira 2020, o maior desafio para as PMEs se adequarem a LGPD é a Segurança da Informação, a qual envolve um custo mais elevado e demanda um bom Segundo nível de conhecimento técnico. Outro citado por Teixeira é o fato de as PMEs geralmente são empresas familiares, sendo um tipo de empresa onde existe maior resistência em aceitar as mudanças e se adequar a novas tecnologias por questões culturais.

A LGPD não trata de forma diferente as PMEs, não tem nenhum tipo de afrouxamento na lei para essas empresas. Porém se pensarmos no ponto de vista do cliente essas empresas também poderiam estar correndo riscos se existisse algum afrouxamento, pois os clientes poderiam começar a se sentirem inseguros em comprar ou realizar negócios com essas empresas por medo de que seus dados não estejam seguros (POHLMANN, 2020).

As empresas terão que entender que a partir da LGPD os dados pessoais não pertencem mais a empresa e sim ao seu titular, e que esses dados não podem mais ser tratados sem o consentimento desse titular. Vale ressaltar que o consentimento é a principal chave da LGPD.

Todas as formas de *Compliance* são contadas como boas medidas e irão contar como ponto positivo a favor da empresa perante a ANPD e autoridades jurídicas (TEIXEIRA, 2020).

## 4.1 OS AGENTES DA LGPD

O Art. 5º da LGPD determina agentes importantes no ciclo de vida da informação, são eles:

**Titular:** pessoa natural a quem pertencem os dados pessoais que são objeto de tratamento.

**Controlador:** pessoa física ou jurídica a quem competem as decisões referentes ao tratamento de dados pessoais. Ele deve garantir o sigilo das informações.

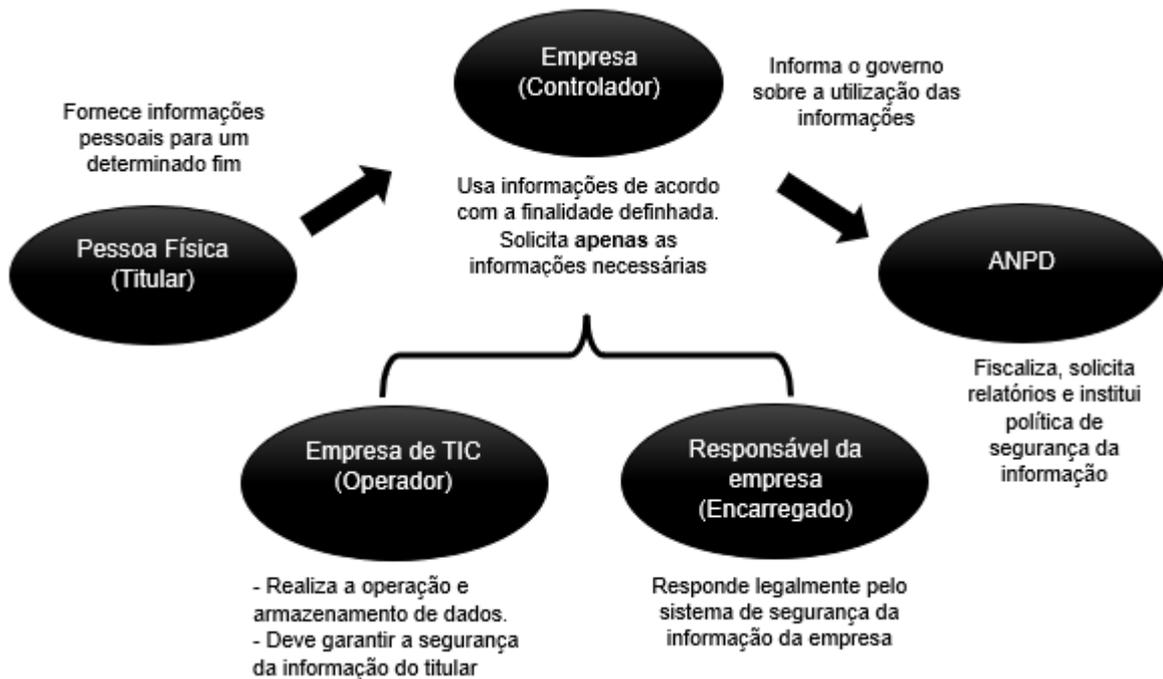
**Operador:** pessoa física ou jurídica que realiza o tratamento de dados pessoais em nome do controlador, geralmente são empresas de tecnologia que oferecem automação para o tratamento dos dados pessoais do titular coletado pelo controlador.

**Encarregado:** representante da empresa indicado pelo controlador e operador, responsável em informar a ANPD sobre todos os trâmites e tratamento de dados da organização. Poderá ser responsabilizado junto com a empresa no caso de uso indevido dos dados ou seu vazamento por qualquer motivo.

**ANPD:** a Autoridade Nacional de Proteção de Dados é responsável pela fiscalização por parte de pessoas jurídicas, e é responsável pela emissão de relatórios e políticas de segurança da informação no país.

Para começar o processo de conformidade é importante que as empresas entendam quem é cada agente e suas responsabilidades de acordo com a LGPD, como mostra a figura 1:

Figura 1: Relação entre os agentes da LGPD



Fonte: Reprodução (Templum - <https://certificacaoiso.com.br/lgpd/>)

## 4.2 TIPOS DE DADOS PESSOAIS

A LGPD divide dados de três formas, sendo elas: dado pessoal, dado pessoal sensível e dado anonimizado.

**dado pessoal** é a “informação relacionada a pessoa identificada ou identificável” (Art. 5. LGPD). Um dado é considerado pessoal quando ele permite a identificação, direta ou indireta, da pessoa natural por trás do dado, como por exemplo: nome, sobrenome, data de nascimento, documentos pessoais (como Certidão de Nascimento/Casamento, CPF, RG, CNH, Carteira de Trabalho, passaporte e título de eleitor), endereço residencial ou comercial, telefone, e-mail e endereço IP.

**dado pessoal sensível** é aquele que se refere à “origem racial ou étnica, convicção religiosa, opinião política, filiação a sindicato ou a organização de caráter religioso, filosófico ou político, dado referente à saúde ou à vida sexual, dado genético ou biométrico, quando vinculado a uma pessoa natural” (Art. 5. LGPD). Esse tipo de dado deve ter um tratamento mais rígido por ter um potencial lesivo maior.

**dado anonimizado** é aquele que não pode identificar de forma direta ou indireta uma pessoa natural, é uma informação que é tirada dela a característica pessoal. Por exemplo, quando um instituto de pesquisa vai às ruas e pergunta a

religião das pessoas, ou em qual candidato elas pretendem votar, e essas informações são coletadas de forma anônima.

### **4.3 PRINCÍPIOS DO TRATAMENTO DE DADOS**

Tratamento de dados inclui toda operação realizada com dados pessoais como a coleta, produção, recepção, classificação, utilização, acesso, reprodução, transmissão, distribuição, processamento, arquivamento, armazenamento, eliminação, avaliação ou controle da informação, modificação, comunicação, transferência, difusão ou extração (DONDA, 2020, p18).

A base da LGPD é o consentimento: ou seja, é necessário solicitar a autorização do titular dos dados antes do tratamento ser realizado. O consentimento deverá ser fornecido por escrito ou por outro meio que demonstre a manifestação de vontade do titular dos dados.

Nas hipóteses de alteração na forma de tratamento dos dados, o controlador deverá informar ao titular, com destaque no texto da mudança, podendo o titular revogá-lo caso discorde das novas condições. Além disso, o consentimento pode ser revogado a qualquer momento mediante manifestação expressa do titular, por procedimento gratuito e facilitado.

O não consentimento é a exceção: só é possível processar dados sem autorização do titular, quando isso for indispensável para cumprir situações legais previstas na LGPD e/ou em legislações anteriores.

Os seguintes princípios devem ser observados na hora de tratar dados pessoais:

Figura 2: Princípios para o tratamento de dados

- 01 Finalidade especificada e informada explicitamente ao titular
- 02 Adequação à finalidade previamente acordada e divulgada
- 03 Necessidade do tratamento, limitado ao uso de dados essenciais para alcançar a finalidade inicial
- 04 Acesso livre, fácil e gratuito das pessoas à forma como seus dados são tratados
- 05 Qualidade dos dados, deixando-os exatos e atualizados, segundo a real necessidade no tratamento
- 06 Transparência, ao titular, com informações claras e acessíveis sobre o tratamento e seus responsáveis
- 07 Segurança para coibir situações acidentais ou ilícitas como invasão, destruição, perda, difusão
- 08 Prevenção contra danos ao titular e a demais envolvidos
- 09 Não discriminação, ou seja, não permitir atos ilícitos ou abusivos
- 10 Responsabilização do agente, obrigado a demonstrar a eficácia das medidas adotadas

Fonte: SERPRO <https://www.serpro.gov.br/lgpd/menu/tratamento-dos-dados/principios-da-lgpd>

#### 4.4 ADEQUAÇÃO DAS EMPRESAS A LGPD

A LGPD não é uma lista de regras, não diz como fazer, ela diz quais são os princípios e que eles devem ser respeitados, existem bases legais e hipóteses de tratamento de dados, então a empresa só pode ter um fluxo de dados baseados nessas hipóteses. Quem irá regulamentar e definir regras é a ANPD, porém como ela só irá atuar a partir de agosto de 2021 teremos um período de incertezas, entretanto vale ressaltar que qualquer medida tomada em relação a Segurança da Informação, política de boas práticas em tratamento de dados e treinamentos de pessoal sobre a LGPD, serão bem vistos pelas autoridades (TEIXEIRA, 2020).

Para que a empresa entre em conformidade com a LGPD podemos entender que antes de qualquer coisa ela precisa mapear quais informações pessoais são coletadas e se alguma delas é sensível. Depois ela precisa saber para qual finalidade ela coleta esses dados e se todos são realmente necessários para a empresa, saber de que forma ela está usando esses dados e se faz o compartilhamento deles com terceiros. Após esse mapeamento a empresa deve definir a sua política de privacidade

de dados, adequando os processos a essa política e implementando em todos os novos processos já no início.

A partir desse momento a empresa precisa entrar em contato com seus clientes para informar sobre os dados armazenados, com qual finalidade são utilizados, qual sua política de privacidade, e assim, obter o consentimento de forma livre e expressa desses clientes, se não for possível o contato ou o cliente não der o consentimento a empresa precisa destruir e apagar esses dados de sua base.

O Art. 41 da LGPD determina que as informações de contato do encarregado sejam divulgadas de forma clara e objetiva, preferencialmente no site ou outras páginas em meio eletrônico da empresa.

Para um segundo passo de adequação podemos pensar na parte visível do negócio ou *Frontend*, incluindo nessa área as seguintes informações:

- Indicação do Encarregado, indicando que é o encarregado de Proteção de Dados Pessoais, deixando claro para o titular quem ele deve procurar para fazer alguma requisição sobre seus dados pessoais. O contato do encarregado deve estar disponível de forma clara e preferencialmente na página inicial do site da empresa ou da página de divulgação em redes sociais, e quando não existir nenhum tipo de comunicação via internet deve ser disponível de forma fácil como um e-mail ou telefone.

- Criação de um canal de comunicação com titular e com as autoridades, quando a empresa usa meios digitais para divulgação, comunicação ou transação comercial, esse canal deve estar disponível de forma clara nesse meio.

- Política de Privacidade, deixar disponível nos seus meios digitais para que todo público que acesse consiga ter fácil acesso, lembrando que essa política deve estar redigida de forma clara e de fácil entendimento.

- Opção de sair da base de dados facilitada, deixar de forma fácil a opção de o titular pedir a exclusão de seus dados ou parte deles da base da empresa.

Com essas duas primeiras etapas concluídas, a empresa precisa pensar na implementação da Segurança da Informação, adoção do ciclo de vida dos dados, adoção de controle de acesso digital, revisão de permissões nos sistemas e armazenamento físico e digital seguro, e além de se preocupar com o armazenamento de dados digitais a empresa também precisa proteger documentos físicos.

E um dos pontos mais importantes para adequação a LGPD é o treinamento de todos os colaboradores da empresa. Não adianta a empresa criar uma Política de Privacidade, instalar antivírus nos computadores, definir o encarregado, entre outros, sem dar um treinamento adequado a seus colaboradores. Um exemplo é que não adianta o computador ter um bom antivírus e firewall e o colaborador abrir um e-mail duvidoso clicando no link que está nesse e-mail, ou então, usar um pen drive pessoal nos computadores da empresa.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A Base legal é a principal chave para cumprir obrigações legais, não sendo necessário obter o consentimento do titular dos dados para efetuar a coleta e tratamento de dados. Como visto, o consentimento é uma das possibilidades para que as empresas possam fazer o tratamento de dados, lembrando que o simples armazenamento de dados é considerado tratamento de dados, entretanto esse consentimento pode ser revogado a qualquer momento pelo próprio titular dos dados, o que pode acarretar problema para as empresas que utilizam essas informações em algum tipo de tratamento, por exemplo, como estratégia de marketing e vendas, que dependem exclusivamente do consentimento do titular dos dados e não existe uma base legal para que a empresa possa enquadrar o dado e continuar a executar o tratamento

A LGPD assegura uma outra possibilidade de tratamento sem que haja necessidade do consentimento que é o legítimo interesse, em que determina que a atividade de tratamento de dados poderá ser realizada quando atender interesses legítimos do controlador ou de terceiros. Nessa ocasião, somente os dados estritamente necessários poderão ser tratados, sendo também indispensável nesse caso que se tenha o relatório de impacto a proteção de dados pessoais, o qual poderá ser solicitado pela ANPD quando o tratamento for fundamentado no legítimo interesse.

Sem uma regulamentação fica difícil definir o que realmente pode ser definido como legítimo interesse, pois enquanto a ANPD não estiver atuando para regulamentar a LGPD em caso de ações judiciais cada juiz terá um entendimento se os dados que a empresa está tratando são realmente necessários ou não o que pode

causar dúvidas jurídicas, jurisprudência acarretando insegurança jurídica para as empresas/organizações.

Assim como o legítimo interesse, muitas outras questões ainda carecem de uma regulamentação e diretrizes que caberá à Autoridade Nacional de Proteção de Dados (ANPD), já que sem a sua atuação imediata a Lei Geral de Proteção de Dados passará por um período de incertezas. Sendo assim todas as empresas independente do seu tamanho, precisam ter o conhecimento da LGPD e implementar pelo menos o mínimo possível para garantir sua segurança.

Uma questão importante é que a LGPD veio para proteger os dados de pessoas naturais, porém ela também fundamenta sobre o “desenvolvimento econômico e tecnológico e a inovação” (inciso V, Art. 2 da LGPD), sabendo que hoje o tratamento de dados é uma ferramenta imprescindível para esse desenvolvimento. A LGPD representa um avanço para o equilíbrio entre a proteção de dados e o avanço tecnológico, todavia, carece de diretrizes e regulamentação, ou seja, é necessário que a ANPD seja criada e que possa regular essa questão.

Fica difícil saber até onde o tratamento de dados feito por legítimo interesse poderá estar infringindo o direito do titular ou garantindo o desenvolvimento econômico e tecnológico, questões essas que reforçam a necessidade da atuação da ANPD para que a Lei Geral de Proteção e Dados possa realmente garantir o direito das pessoas, sem que ocorram abusos por parte de pessoas mal intencionadas.

Com a falta de atuação imediata da ANPD faltam informações suficientes para uma completa adequação à Lei Geral de Proteção de Dados, pensando principalmente nas PMEs que geralmente tem pouco recurso financeiro para investir em tecnologias mais avançadas, como por exemplo um *DLP - DATA LOSS PREVENTION*, que é uma ferramenta que pode evitar o vazamento de dados, porém com custos elevados.

Sendo assim é possível que passaremos por um período de insegurança jurídica para as empresas até agosto de 2021, data em que a ANPD passará a atuar, sendo de grande importância que as empresas comecem suas adequações o quanto antes porém, se atentando a todos os pontos que carecem de regulamentação. A ANPD deve validar possíveis processos de tratamento de dados que possam vir a ser questionado por empresas e. essa consideração é muito importante, pois um dos

papeis da ANDP é além de regular é conscientizar e fiscalizar a coleta de dados, seu armazenamento e tratamento.

## REFERÊNCIAS

**BRASIL. Decreto nº 13.709, DE 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais. Disponível em:** <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2018/Lei/L13709.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Lei/L13709.htm)>. Acesso em: 20 ago. 2019.

DONDA, Daniel. **Guia Prático de Implementação da LGPD.** São Paulo: Labrador, 2020.

LEMOS, Ronaldo, et al. **Debater a Lei Geral de Proteção de Dados é refletir sobre o futuro, afirma ministro Salomão.** Disponível em: <<http://www.stj.jus.br/sites/portalp/Paginas/Comunicacao/Noticias/Debater-a-Lei-Geral-de-Protecao-de-Dados-e-refletir-sobre-o-futuro--afirma-ministro-Salomao.aspx>>. Acesso em: 22 ago. 2019.

MACHADO, J; SANTOS, M; PARANHOS, M. **LGPD e GDPR: Uma análise comparativa entre as legislações.** <<http://www.pinheironeto.com.br/Pages/publicacoes-detalhes.aspx?nID=1362>>, Acesso em: 01 set. 2019.

MEIRELES, Leandro. **Pequenas e médias empresas brasileiras não estão preparadas para a LGPD.** <<https://www.consumidormoderno.com.br/2020/03/23/empresas-brasileiras-nao-estao-preparadas-lgpd/>>. Acesso em 08 ago. 2020.

PALUDETTO, Vitor; BARBIERI, Henrique Shirassu. **Guia Sobre a Nova Lei Geral de Proteção de Dados.** 2019. Edição Kindle.

PINHEIRO, Patricia Peck. **Proteção de dados pessoais: comentários à Lei n. 13.709/2018 (LGPD).** São Paulo: Saraiva Educação, 2018. Edição Kindle.

POHLMANN, Sergio. **Sobre cintos de segurança, LGPD, pequenas empresas e interpretação.** < <https://www.serpro.gov.br/lgpd/noticias/2020/cinto-seguranca-lgpd-pequenas-empresas-interpretacao>>. Acesso em: 09 ago. 2020.

TEIXEIRA, João Pedro F. **Webinar - LGPD - Soluções Imediatas para micro/pequenas, médias e grandes empresas.** <[https://www.youtube.com/watch?v=OIR\\_6QxC09s&t=19136s](https://www.youtube.com/watch?v=OIR_6QxC09s&t=19136s)>, Acesso em 08 set. 2020.

## CAPÍTULO 11

### APLICAÇÕES DE MODELOS DE PROPAGAÇÃO DE SINAL PARA REDES 3G NO ESTADO DE PERNAMBUCO, EM AMBIENTE RURAL E URBANO

#### **Augusto Lima Pessoa**

Universidade de Pernambuco – UPE, Recife-PE, Brasil  
E-mail: augusto.lpessoa@gmail.com

#### **Lizandro Nunes da Silva**

Instituto Federal de Pernambuco – IFPE, Recife-PE, Brasil  
E-mail: lizandro.silva@recife.ifpe.edu.br

**Resumo:** A cada ano o número de usuários do sistema de telefonia móvel aumenta, e causa um crescimento na demanda dos serviços de dados e de voz. Dessa forma o usuário tem buscado cada vez mais por um serviço de qualidade, o que está relacionado com uma boa cobertura do sinal. Diante deste fato é necessário que as operadoras de telefonia celular realizem de forma eficiente o planejamento da área de cobertura de suas estações. Este artigo apresenta uma análise e aplicação dos modelos de propagação COST-231, ECC-33, Ericsson e Hata para as tecnologias 3G em duas Estações Rádio Base localizadas no estado de Pernambuco. Por meio de uma comparação entre os níveis de sinais obtidos nas localidades através de um drive-test, e com os propostos pelos modelos. Determinando quais dos modelos possuem melhor aderência para cada tipo de região estudada.

**Palavras-chave:** Modelos de propagação; Telefonia móvel; Cobertura de sinal; 3G.

**Abstract:** Each year the number of users of the mobile phone system increases, and causes a growth in the demand for data and voice services. In this way the user has been looking for a quality service, which is related to having a good signal coverage. In view of this fact, it is necessary that mobile operators carry out efficiently the planning of the coverage area of their antennas. This article presents an analysis and application of the COST-231, ECC-33, Ericsson and Hata propagation models for 3G technologies in two Radio Base Stations located in the state of Pernambuco. By means of a comparison between the levels of signals obtained in the localities through a drive-test, and with those proposed by the models. Determining which of the models have the best adhesion for each type of region studied.

**Keywords:** Models of propagation; Mobile phone; Signal coverage; 3G.

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o Brasil apresentou um aumento no número de usuários do sistema móvel celular, chegando à marca de duzentos e trinta e quatro milhões de usuários em setembro de 2018. Em outubro de 2017 o número de acessos do 3G chegou a 40% do total, o que ressalta a importância dessa tecnologia nos dias atuais mesmo se passando pouco mais de 10 anos de sua chegada ao Brasil e sendo a tecnologia mais utilizada para o tráfego de voz [1].

Com o aumento de usuários é de fundamental importância que as operadoras invistam na manutenção e expansão da sua rede, para que assim possam proporcionar um sinal de boa qualidade e um serviço eficiente[2]. Tendo em vista esse aspecto, uma das fases mais importante do projeto de um sistema de rede móvel é prever a área de cobertura, ou seja, fazer a predição do sinal de radiofrequência (RF). Quando a predição é feita de forma confiável e retrata ao máximo o cenário daquela localidade, diminui-se consideravelmente o número de medições a serem realizadas na região, implicando também numa diminuição de tempo e de custo do projeto[3,4]. Pois em alguns projetos são utilizados parâmetros padrão que não retratam a realidade do cenário, o que posteriormente implicará em gastos para melhorar a qualidade do sinal.

A principal proposta deste artigo é de uma maneira viável, identificar qual modelo de propagação de sinal tem melhor aderência para as regiões urbanas e rurais do estado de Pernambuco. São utilizados os dados obtidos em campo para análise e comparação, para melhorar as predições de uma operadora de forma rápida e simples. Este artigo apresenta na seção 2 a definição de modelos de propagação de sinal de rádio e a demonstração dos modelos utilizados, na seção 3 a metodologia utilizada, os cenários escolhidos, e as ferramentas utilizadas para os cálculos e a obtenção dos dados em campo, na seção 4 os resultados obtidos e na seção 5 a conclusão deste artigo comentando os pontos importantes.

## 2. MODELOS DE PROPAGAÇÃO

O canal de rádio móvel apresenta várias limitações para o desempenho dos sistemas de comunicações sem fio. Pois o sinal é fortemente influenciado por diversos

fatores como por exemplo, os relevos naturais e artificiais (edificações), frequência de operação, condições climáticas, vegetação, entre outros. Diferentemente dos canais que são estacionários e previsíveis (fibra óptica), os canais de rádio são aleatórios e não fornece uma análise fácil, o que torna uma caracterização precisa da variação do sinal neste ambiente trabalhosa. Não existe um modelo que represente exatamente o comportamento da onda. Por isso, de todas as etapas de um projeto de telefonia móvel, uma das partes mais difíceis é a modelagem do canal de rádio, ou seja, é tentar descrever o comportamento do sinal para aquela região [5, 6].

Em uma transmissão ponto a ponto, o sinal recebido sofre variação na sua potência recebida, mesmo mantendo constante a potência de transmissão, é chamado desvanecimento. Isso ocorre devido à perda de energia do sinal em função de obstáculos e da mobilidade do receptor. O desvanecimento pode ser rápido, o qual é devido à propagação por multipercursos, a intensidade do sinal varia rapidamente em relação a pequenos deslocamentos da antena receptora, ou pode ser lento, o qual é causado por obstáculos no ambiente, como edifícios e a variação do sinal é lenta em relação à distância da antena receptora [7].

Os modelos de propagação são ferramentas que tem por objetivo estimar o valor médio do nível de sinal de uma onda eletromagnética em sistemas de comunicação sem fio. Os modelos tendem a se aproximar fortemente do ambiente físico real.

Este artigo utilizará os modelos de larga escala mais aceitos e que se baseiam em medidas de campo e ajustes de curva, e utilizam parâmetros como altura das antenas, frequência de operação, perfil do terreno, espaçamento das edificações, entre outros parâmetros, para determinar a atenuação do sinal da Estação Rádio Base (ERB) até a Estação Móvel (EM) [8].

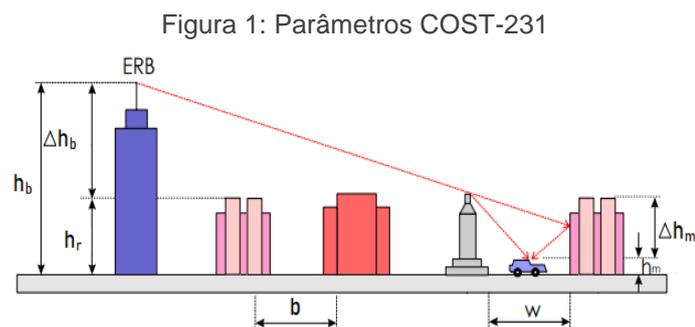
## **2.1 MODELO COST-WALFISH-IKEGAMI (COST-231)**

O modelo Cost-Walfish-ikegami também chamado de modelo COST 231 (Cooperation in the Field of scientific and Technical research), que resulta de uma combinação do modelo de Ikegami com o modelo de Walfish-Bertoni é recomendado para macrocélulas em cenários urbanos e suburbanos, ele apresenta resultados muito bons para cálculos de perda de trajetória para antenas das ERBs localizadas acima

da altura média dos edifícios. No entanto, os erros de previsão aumentam significativamente à medida que a altura da antena da ERB se aproxima da altura do telhado, atingindo um desempenho muito fraco para as antenas transmissoras localizadas abaixo desse nível. A combinação foi realizada pela Confederação Europeia no campo da pesquisa Técnica e Científica (COST) [4, 7], e descreve o cenário de acordo com os seguintes parâmetros:

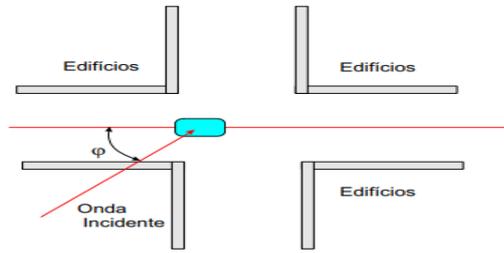
- $h_r$ : altura média dos edifícios (metros)
- $w$ : largura da rua (metros)
- $b$ : separação média entre edifícios (metros)
- $\varphi$ : ângulo de orientação entre a direção da propagação e o eixo da rua (graus)
- $h_b$ : altura da antena da ERB (metros)
- $h_m$ : altura da antena da EM (metros)
- $\Delta h_m = h_r - h_m$  (metros)
- $\Delta h_b = h_b - h_r$  (metros)
- $d$ : distância entre a estação base e a estação móvel (quilômetros)
- $f$ : frequência (Megahertz)

As Figuras 1 e 2 apresentam os parâmetros de maneira gráfica para a compreensão mais precisa de cada um. Por outro lado, eles também retratam um cenário urbano para o modelo de propagação COST-231.



Fonte: Adaptado de [4]

Figura 2: Parâmetros COST-231 (2)



Fonte: Adaptado de [4]

O modelo calcula a atenuação sofrida por um sinal da ERB até a EM, em dBm. Essa perda é formada por três parcelas:

$$L = L_0 + L_{rst} + L_{msd} \quad (1)$$

Em que  $L_0$  é a perda de propagação por espaço livre, e é obtida de acordo com a expressão:

$$L_0 = 32,4 + 20 \log(d) + 20 \log(f) \quad (2)$$

Sendo  $L_{rst}$  a perda média devido à difração no topo das edificações até a rua (*rts- rooftostreet*), expressa por:

$$L_{rts} = -8,2 - 10 \log(w) + 10 \log(f) + 20 \log(\Delta h m) + L_{ori} \quad (3)$$

Em que:

$$L_{ori} \begin{cases} -10 + 0,354\varphi & \text{para } 0^\circ \leq \varphi \leq 35^\circ \\ 2,5 + 0,075(\varphi - 35) & \text{para } 35^\circ \leq \varphi \leq 55^\circ \\ 4 - 0,11(\varphi - 55) & \text{para } 55^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ \end{cases} \quad (4)$$

O termo  $L_{ori}$  é um fator de correção que explica a perda devido à orientação da rua.

Sendo  $L_{msd}$  a perda por multipercurso, calculada por:

$$L_{msd} = L_{bsh} + k_a + k_d \log(d) + k_f \log(f) - 9 \log(b) \quad (5)$$

Em que:

$$L_{bsh} \begin{cases} -18 \log(1 + \Delta h b) & \text{para } h b > h r \\ 0 & \text{para } h b \leq h r \end{cases}$$

$$ka \begin{cases} 54 & \text{para } hb > hr \\ 54 - 0,8\Delta hb & \text{para } hb \leq hr, e d \geq 0,5km \\ 54 - 0,8\Delta hb \left(\frac{d}{0,5}\right) & \text{para } hb \leq hr, e d < 0,5km \end{cases} \quad (6)$$

$$kd \begin{cases} 18 & \text{para } hb > hr \\ 18 - 15 \frac{\Delta hb}{hr} & \text{para } hb \leq hr \end{cases} \quad (7)$$

$$kf \begin{cases} -4 + 0,7 \frac{f}{925 - 1} & \text{para cidades suburbanas} \\ -4 + 1,5 \frac{f}{925 - 1} & \text{para cidades urbanas} \end{cases} \quad (8)$$

(9)

Se o valor de  $Lrtse$ /ou  $Lmsd$  for negativo, considera-se  $Lrtse$ /ou  $Lmsd$  iguais a zero.

O termo  $ka$  representa o aumento da perda de caminho para as antenas das ERBs que estão abaixo da altura médias dos prédios. Os termos  $kd$  e  $kf$  controlam a dependência de  $Lmsd$  na distância e frequência, respectivamente. O termo  $Lbsh$  é a perda por espalhamento do sinal de frequência. Caso não existam dados disponíveis sobre os edifícios ao longo do caminho de propagação, recomenda o uso de:

$$\varphi = 90^\circ$$

$$b = 20 - 50 \text{ m}$$

$$w = b/2$$

A Potência recebida ( $Pr$ ) é igual a potência transmitida ( $Pt$ ) menos a perda no percurso ( $L$ ), então:

$$Pr = Pt - L$$

(10)

## 2.2 MODELO HATA

O modelo de Hata, também conhecido como modelo de Okumura-Hata, estabelece a perda de propagação em ambientes urbanos, suburbanos e rurais. De acordo com as suas peculiaridades, para cada ambiente existe uma expressão diferente.

Para ambientes urbanos a perda de propagação do sinal ( $PL_u$ ) é dada pela expressão:

$$PL_u = 69,55 + 25,16 \log(f) + 13,82 \log(hb) + [44,9 - 6,55 \log(hb)] \log(d) + s - a(hm) \quad (11)$$

Em que,  $PL_u$  é a perda no ambiente urbano,  $d$  a distancia,  $f$  a frequência,  $h_b$  altura da antena da ERB,  $h_m$  altura da antena do celular,  $s$  a perda por desvanecimento, escolhida como 10 dB de acordo com [7] e  $a(hm)$  é o fator e correção da antena da EM em relação a frequência de transmissão da ERB e é calculada para todos os ambientes pela expressão:

$$a(hm) = (1,11 \log(f) - 0,7)hm - (1,56 \log(f) - 0,8) \quad (12)$$

Para ambientes suburbanos a perda de propagação do sinal ( $PL_s$ ) é dada pela expressão:

$$PL_s = PL_u - 2[\log(f) - 1,45]^2 - 5,4 \quad (13)$$

Para ambientes rurais a perda de propagação do sinal ( $PL_r$ ) é dada por:

$$PL_r = PL_u - 4,78 \log(f)^2 - 18,33 \log(f) - 40,98 \quad (14)$$

### 2.3 MODELO ERICSSON

O modelo que Ericsson também é utilizado para calcular a atenuação do sinal em cenários urbanos, suburbanos e rurais. O cálculo para a perda de propagação do sinal  $PL$  é:

$$PL = a_0 + a_1 \log(d) + a_2 \log(hb) + a_3 \log(hb) \log(d) - 3,2[\log(11,75hm)]^2 + g(f) \quad (15)$$

Para calcular  $g(f)$  que é a correção do valor do ganho da antena da ERB em relação à frequência tem-se:

$$g(f) = 44,49 \log(f) - 4,78 [\log(f)]^2 \quad (16)$$

Sendo  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ , e  $a_3$  parâmetros de ajuste para o tipo de ambiente de propagação de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros para o modelo de Ericsson

Ambiente	a0	a1	a2	a3
Urbano	36,2	30,2	12	0,1
Suburbano	43,2	68,9	12	0,1
Rural	45,9	101	12	0,1

Fonte: Os autores

## 2.4 MODELO ECC-33

O modelo ECC-33 que foi desenvolvido pelo Comitê de Comunicações e Eletrônica (ECC – Electronic Communication Committee) é utilizado para áreas suburbanas, a perda de propagação do sinal ( $PL$ ) é dada pela expressão:

$$PL = PLfs + PLbm - Gb - Gm \quad (17)$$

Em que,  $f$  é a frequência em GHz,  $PLfs$  é a atenuação por espaço livre,  $PLbm$  é a perda média por espaço livre,  $Gb$  é o ganho da antena da ERB corrigido,  $Gm$  é o ganho da antena da EM corrigido, e são calculados da seguinte forma:

$$PLfs = 92,4 + 20 \log(d) + 20 \log(f) \quad (18)$$

$$PLbm = 20,41 + 9,83 \log(d) + 7,894 \log(f) + 9,56 [\log(f)]^2 \quad (19)$$

$$Gb = \log\left(\frac{hb}{200}\right) \{13,98 + 5,8 [\log(d)]^2\} \quad (20)$$

$$G_m = [42,57 + 13,7 \log f][\log(hm) - 0,1]$$

(21)

### 3. METODOLOGIA

Para a realização deste projeto, inicialmente foi feito um estudo sobre a tecnologia 3G no Brasil, assim como um estudo sobre os modelos de propagação de sinais de rádio. De início, foi observado que ainda nos dias atuais o 3G ainda é muito importante para a população brasileira, pois concentra a maior quantidade de tráfego de voz e tem a segunda maior quantidade de acessos [1]. Em razão disto, essa tecnologia foi escolhida como objeto de estudo desse trabalho, e foi utilizada para a aplicação dos modelos de propagação COST-231, Hata, Ericsson, ECC-33 para a frequência de 2100 MHz.

Em seguida, foram escolhidas duas ERBs para aplicação desse estudo. A primeira localizada na cidade de Paulista-PE bairro de Maria farinha que faz parte da região metropolitana do Recife e representa um cenário urbano e plano, Figura 3. A segunda está localizada na cidade de tracunhaém no interior de Pernambuco que representa um cenário rural com um terreno acidentado, Figura 4. As quais, de acordo com o banco de dados público da ANATEL[9], pertencem à operadora (VIVO S/A) e possuem as características listadas nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2: Informações da ERB A

TIPO	URBANO
LATITUDE DECIMAL	-7,891777
LONGITUDE DECIMAL	-34,83133
FREQUÊNCIA (MHz)	2155
ALTURA DAS ANTENAS (m)	35
AZIMUTE 1º SETOR	0°
AZIMUTE 2º SETOR	120°
AZIMUTE 3º SETOR	240°
POTÊNCIA DE TRANSMISSÃO (dBm)	61,15

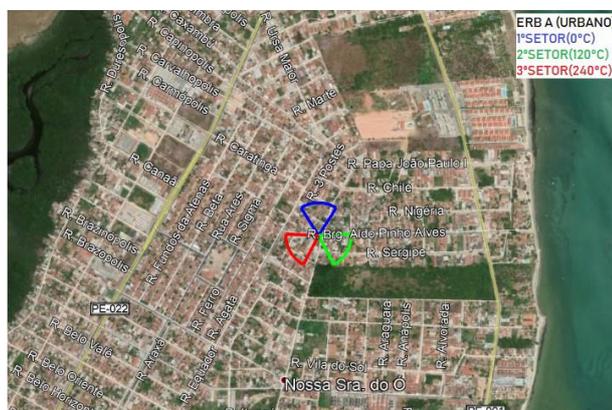
Fonte: Os autores

Tabela 3: Informações da ERB B

TIPO	RURAL
LATITUDE DECIMAL	-7,800055
LONGITUDE DECIMAL	-35,235027
FREQUÊNCIA (MHz)	2155
ALTURA DAS ANTENAS (m)	50
AZIMUTE 1º SETOR	130º
AZIMUTE 2º SETOR	220º
AZIMUTE 3º SETOR	320º
POTÊNCIA DE TRANSMISSÃO (dBm)	61,15

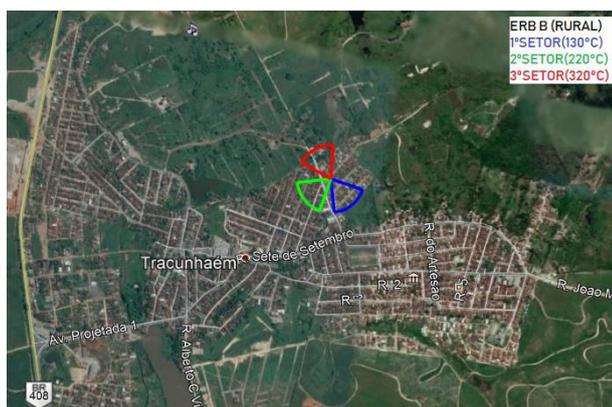
Fonte: Os autores

Figura 3: Localização geográfica ERB – Maria Farinha



Fonte: Adaptado Google Earth

Figura 4: Localização geográfica ERB – Tracunhaém



Fonte: Adaptado do Google Earth

Posteriormente, a partir dos parâmetros listados na Tabelas 2 e 3, foram implementadas planilhas eletrônicas para calcular os níveis de sinais de RF recebidos de 10 em 10 metros de acordo com cada modelo de propagação de sinal.

### 3.1 CÁLCULOS

Para a aplicação do modelo COST-231 para a ERB A, tipo urbano, além dos parâmetros citados na Tabela 2, utilizou-se  $hr=15m$ ,  $w=5m$ ,  $b=3m$ ,  $\varphi=90^\circ$ ,  $hm=1,5m$ . Por meio das equações (1) a (10), foi calculado o nível de sinal para as distâncias de 0,1km até 1,4 km variando de 10m em 10m o salto entre as distâncias.

Para a ERB B, tipo rural, os parâmetros foram  $hr=10m$ ,  $w=5m$ ,  $b=3m$ ,  $\varphi=90^\circ$ ,  $hm=1,5m$ . De maneira análoga, para o ambiente urbano, as equações (1) a (10). Foram calculados os valores para o nível de sinal para as distâncias de 0,1km até 3,5km variando de 10m em 10m o salto entre as distâncias. A Figura 5 retrata a planilha utilizada para o cálculo do nível de sinal recebido pelo modelo COST-231 para a ERB B.

Figura 5: Planilha COST-231 para ERB B

COST 231						
DISTANCIAS(km)	LO	Lrts	Lmsd	Pr	FREQUENCIA	2155
0,1	79,06895	38,73315	0	-56,6521	W	5
0,11	79,8968	38,73315	0	-57,47995	delta Hb	40
0,12	80,65257	38,73315	0	-58,23572	hb	50
0,13	81,34781	38,73315	0	-58,93096	hr	10
0,14	81,99151	38,73315	0	-59,57466	hm	1,5
0,15	82,59077	38,73315	0	-60,17392	lipo	1
0,16	83,15135	38,73315	0	-60,7345	b	3
0,17	83,67792	38,73315	0	-61,26108	PT	61,15
0,18	84,1744	38,73315	0	-61,75755	delta Hm	8,5
0,19	84,64402	38,73315	0	-62,22717		
0,2	85,08955	38,73315	0	-62,6727		
0,21	85,51333	38,73315	0	-63,09648		
0,22	85,9174	38,73315	0	-63,50055		
0,23	86,3035	38,73315	0	-63,88665		

Fonte: Própria (2018)

Para a aplicação do modelo de Hata na ERB A, foram utilizadas as equações (10) a (14) no cálculo do sinal recebido e os parâmetros já citados anteriormente na Tabela 2, e também foi utilizada a mesma faixa de distâncias (0,1 km até 1,4 km) utilizada para a ERB A no modelo COST-231. De modo análogo foi feito o mesmo procedimento para a ERB B, fazendo o uso das mesmas distâncias calculadas no modelo COST-231 para a ERB B (0,1km até 3,5km). A Figura 6 representa a planilha utilizada para obter o nível de sinal através do modelo de Hata para a ERB B.

Figura 6: Planilha Hata para ERB B

HATA								
DISTANCIAS(km)	PLr	PLs	PLr	PLr	PLr	PLr	FREQUENCIA	2155
0,1	153,028	-91,87754	140,5328	-79,38279338	120,0349	-58,88489	hb	50
0,11	154,425	-93,27544	141,9307	-80,78069645	121,4328	-60,28279	hm	1,5
0,12	155,702	-94,55163	143,2069	-82,05688215	122,709	-61,55898	PT	61,15
0,13	156,876	-95,72561	144,3809	-83,23085919	123,883	-62,73295		
0,14	157,963	-96,81254	145,4678	-84,31779215	124,9699	-63,81989		
0,15	158,974	-97,82445	146,4797	-85,32970254	125,9818	-64,8318		
0,16	159,921	-98,77103	147,4263	-86,27628148	126,9284	-65,77838		
0,17	160,81	-99,6602	148,3155	-87,16545573	127,8175	-66,66755		
0,18	161,649	-100,4985	149,1538	-88,0037915	128,6559	-67,50589		
0,19	162,442	-101,2915	149,9468	-88,79678912	129,4489	-68,29888		
0,2	163,194	-102,0438	150,6991	-89,54910187	130,2012	-69,0511		
0,21	163,909	-102,7594	151,4147	-90,26470151	130,9168	-69,7668		

Fonte: Própria (2018)

Para aplicação do modelo de Ericsson na ERB A, foram utilizadas as equações (10), (15), e (16) e a Tabela 1. Foram utilizados os parâmetros mencionados na Tabela 2 para cálculo do sinal recebido, e foi usada a mesma faixa de distâncias (0,1 km até 1,4 km) utilizada no modelo COST-231. De forma análoga foi calculado o nível de sinal recebido para a ERB B, fazendo o uso da mesma faixa de distâncias (0,1km até 3,5km) utilizada para o cálculo da ERB B no modelo COST-231. A Figura 7 retrata a planilha para cálculo do nível de sinal pelo modelo de Ericsson para a ERB B.

Figura 7: Planilha Ericsson urbano para ERB B

ERICSSON URBANO										
DISTANCIAS(km)	t1	t2	t3	t4	t5	t6	PL	PR	FREQUENCIA	2155
0,1	36,2	-30,2	20,38764	-0,1699	-4,97	95,1903	116,4	-55,28899	hb	50
0,11	36,2	-28,94994091	20,38764	-0,1629	-4,97	95,1903	117,7	-56,54608	hm	1,5
0,12	36,2	-27,80872637	20,38764	-0,1564	-4,97	95,1903	118,8	-57,69972	PT	61,15
0,13	36,2	-26,75891076	20,38764	-0,1505	-4,97	95,1903	119,9	-58,74944	a0	36,2
0,14	36,2	-25,78693332	20,38764	-0,1451	-4,97	95,1903	120,9	-59,72688	a1	30,2
0,15	36,2	-24,88204398	20,38764	-0,14	-4,97	95,1903	121,8	-60,63686	a2	12
0,16	36,2	-24,03557652	20,38764	-0,1352	-4,97	95,1903	122,6	-61,48809	a3	0,1
0,17	36,2	-23,24044257	20,38764	-0,1307	-4,97	95,1903	123,4	-62,2877		
0,18	36,2	-22,49077035	20,38764	-0,1265	-4,97	95,1903	124,2	-63,04159		
0,19	36,2	-21,78164125	20,38764	-0,1225	-4,97	95,1903	124,9	-63,75471		
0,2	36,2	-21,10889413	20,38764	-0,1188	-4,97	95,1903	125,6	-64,43124		
0,21	36,2	-20,4689773	20,38764	-0,1152	-4,97	95,1903	126,2	-65,07476		

Fonte: Própria (2018)

Para o cálculo do nível de sinal recebido para o modelo ECC-33, foram utilizadas as equações (10), (17) a (21) e os dados das Tabelas 2 e 3, e utilizando as mesmas distâncias utilizadas nos demais modelos tanto para a ERB A (0,1 km até 1,4 km), quanto para a ERB B(0,1km até 3,5km). A Figura 8 retrata a planilha para cálculo com o modelo ECC-33 para o a ERB B.

Figura 8: Planilha ECC – 33 para ERB B

ECC									
DISTANCIAS(km)	PLfs	PLbm	Gb	Gm	PL	PR	FREQUENCIA(GHz)	2,155	
0,1	79,0689	14,2752	-11,9087	3,58681	101,7	-40,51607	hb	50	
0,11	79,8968	14,6821	-11,6256	3,58681	102,6	-41,46771	hm	1,5	
0,12	80,6526	15,0535	-11,3776	3,58681	103,5	-42,34694	PT	61,15	
0,13	81,3478	15,3952	-11,1583	3,58681	104,3	-43,16456			
0,14	81,9915	15,7116	-10,9628	3,58681	105,1	-43,92909			
0,15	82,5908	16,0062	-10,7872	3,58681	105,8	-44,64734			
0,16	83,1513	16,2817	-10,6287	3,58681	106,5	-45,3249			
0,17	83,6779	16,5405	-10,4848	3,58681	107,1	-45,96637			
0,18	84,1744	16,7845	-10,3535	3,58681	107,7	-46,5756			
0,19	84,644	17,0153	-10,2333	3,58681	108,3	-47,15584			
0,2	85,0895	17,2343	-10,1228	3,58681	108,9	-47,70987			

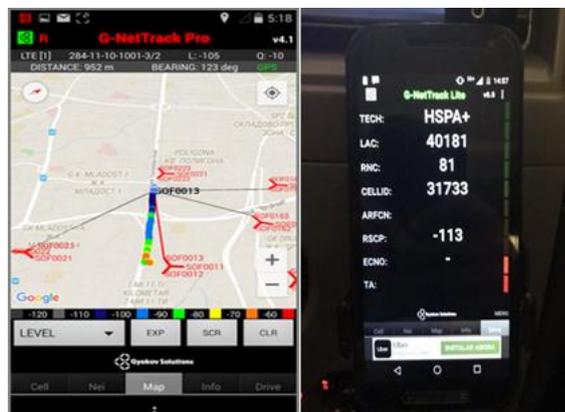
Fonte: Própria (2018)

### 3.2 DRIVE-TEST

Após a realização dos cálculos para os níveis de sinais, utilizando os modelos citados nesse trabalho, foi necessária a realização de um *drive-test*, ou seja, uma coleta de dados reais na localidade, a fim de fazer uma comparação dos dados obtidos nos cálculos com os dados medidos em campo.

Para a realização do *drive-teste* foi utilizado uma aparelho celular Moto G3, conforme Figura 9. No aparelho foi instalado o aplicativo grátis G-NetTrack Lite [10] que está disponível para *download* no *Google play*. Este aplicativo tem uma função de *drive-test* (Figura 9) onde é possível realizar determinado percurso e o aplicativo registra os níveis de sinais, as coordenadas dos pontos, a identificação da célula, a tecnologia que estava sendo utilizada, dentre outras informações. Ao final do *drive-test* o aplicativo fornece um arquivo de texto com extensão txt (Figura 10) e um arquivo georreferenciado do tipo Kml (Figura 11 e 12) o qual pode ser aberto no google Earth. Esse tipo de arquivo fornece a coordenada geográfica do ponto e o nível de sinal de RF recebido no celular naquele instante.

Figura 9: G-NetTrack lite função drive-test



Fonte: Própria (2018)

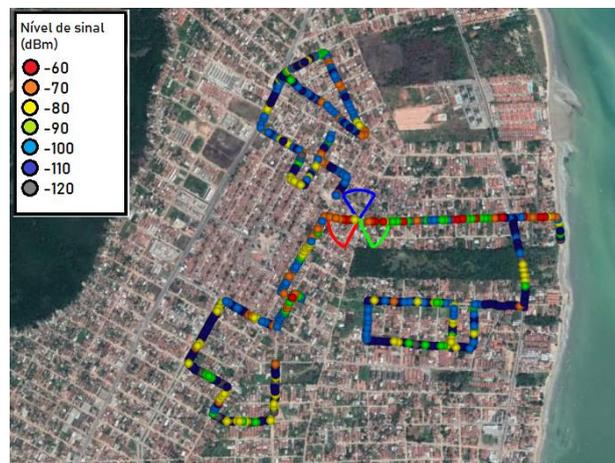
Figura 10: Arquivo.txt gerado pelo Aplicativo

Timestamp	Longitude	Latitude	Operatorname	NetworkTech	Level	Filemark
2017.10.10.15.03.06	-34.83195	-7.890073	Vivo	3G	-103	
2017.10.10.15.03.07	-34.83195	-7.890074	Vivo	3G	-105	
2017.10.10.15.03.15	-34.83205	-7.890001	Vivo	3G	-99	
2017.10.10.15.03.19	-34.83215	-7.889954	Vivo	3G	-99	
2017.10.10.15.03.27	-34.83224	-7.889898	Vivo	3G	-109	
2017.10.10.15.03.31	-34.83233	-7.889853	Vivo	3G	-101	
2017.10.10.15.03.35	-34.83241	-7.889800	Vivo	3G	-103	
2017.10.10.15.03.39	-34.83252	-7.889749	Vivo	3G	-61	
2017.10.10.15.03.43	-34.83263	-7.889679	Vivo	3G	-61	
2017.10.10.15.03.47	-34.83279	-7.889597	Vivo	3G	-75	
2017.10.10.15.03.55	-34.83275	-7.889505	Vivo	3G	-91	
2017.10.10.15.04.01	-34.83267	-7.889390	Vivo	3G	-67	
2017.10.10.15.04.05	-34.83261	-7.889281	Vivo	3G	-69	
2017.10.10.15.04.09	-34.83256	-7.889176	Vivo	3G	-103	
2017.10.10.15.04.13	-34.83250	-7.889096	Vivo	3G	-97	
2017.10.10.15.04.17	-34.83244	-7.889006	Vivo	3G	-99	
2017.10.10.15.04.21	-34.83238	-7.888913	Vivo	3G	-89	
2017.10.10.15.04.25	-34.83233	-7.888823	Vivo	3G	-95	
2017.10.10.15.04.31	-34.83231	-7.888708	Vivo	3G	-97	
2017.10.10.15.04.41	-34.83235	-7.888633	Vivo	3G	-91	
2017.10.10.15.04.43	-34.83235	-7.888633	Vivo	3G	-91	

Fonte: Própria (2018)

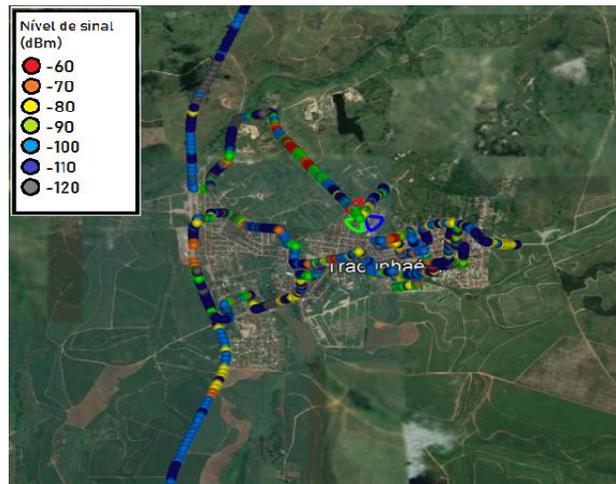
Para a realização do *drive-test* nas ERBs A e B, foi necessário configurar o celular fixo na tecnologia 3G, utilizando o código `*##4636##` no discador do celular em seguida escolher a opção informações do telefone, depois *WCDMA only*. Após esse ajuste foi iniciado o aplicativo e ativou a opção *drive-test*, em seguida foram feitas as rotas nos três setores de cada site, e a velocidade que o carro estava trafegando nessas trajetórias não ultrapassava 30 km/h para que não houvesse tanta interferência do desvanecimento rápido [11]. As trajetórias podem ser vistas nas Figuras 11 e 12.

Figura 11: Arquivo.kml gerado pelo Aplicativo ERB A



Fonte: Adaptado do Google Earth

Figura 12: Arquivo.kml gerado pelo Aplicativo ERB B



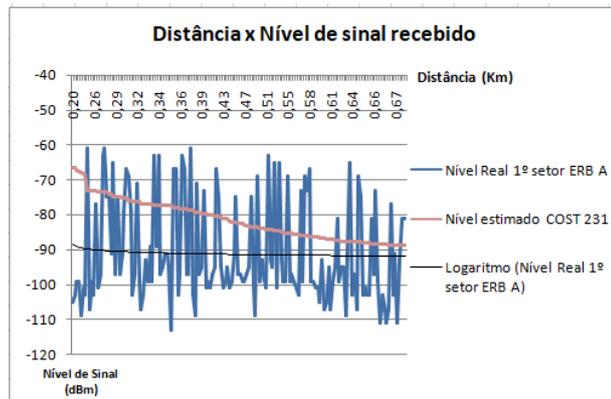
Fonte: Adaptado do Google Earth

#### 4. RESULTADOS

Após a realização dos cálculos estimados e a obtenção de dados em campo foi feita uma comparação entre os valores de níveis de sinal recebido pelo celular com os calculados com os modelos de propagação. A comparação foi feita em forma de gráficos. Para os dados obtidos em campo foi traçada uma curva de tendência logarítmica, para melhor comparação com a curva calculada pelos modelos.

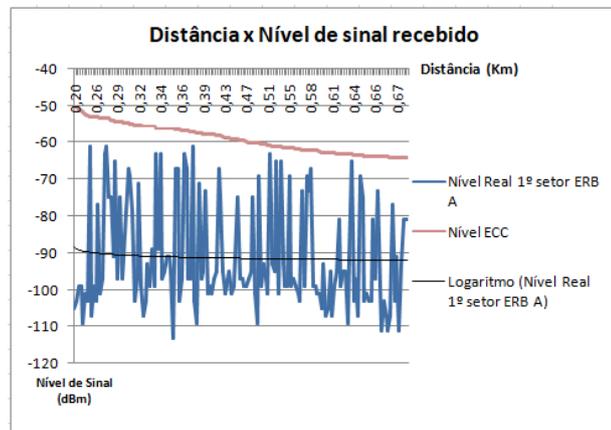
Para o 1º setor da ERB A, o Gráfico 1 representa o melhor resultado pois a distância entre as curvas rosa (valor calculado) e a preta (curva de tendência do valor medido) estão mais próximas, apresentando maior variação para as distâncias próximas a ERB e uma menor variação para distâncias maiores da ERB, já o Gráfico 2 apresenta o pior resultado, pois as curvas apresentam uma maior distância entre si, chegando à uma diferença média de -30dBm. Vale ressaltar que a linha azul representa o sinal obtido em campo, o mesmo apresenta uma grande variação, pois o sinal sofre dois tipos de desvanecimento o rápido e o lento, conforme foi explicado na seção 2.

Gráfico 1: Gráfico modelo COST-231 1º setor ERB A



Fonte: Os autores

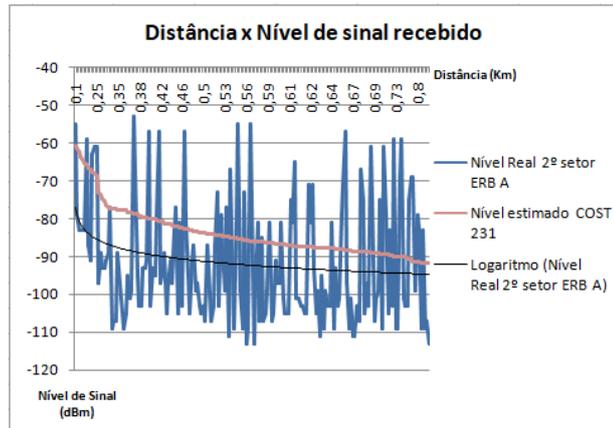
Gráfico 2: Gráfico modelo ECC-33 1º setor ERB A



Fonte: Os autores

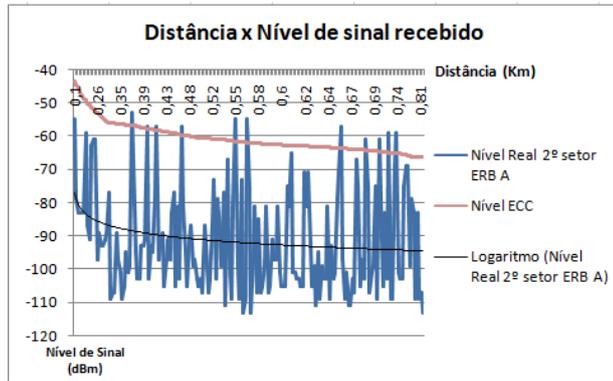
Para os demais setores da ERB A o cenário é o mesmo, o modelo COST-231 apresenta o melhor resultado e o modelo ECC-33 o pior, variando somente as distâncias entre as curvas calculadas e a medida em campo. Os Gráficos 3 a 6 demonstram estes resultados.

Gráfico 3: Gráfico modelo COST-231 2º setor ERB A



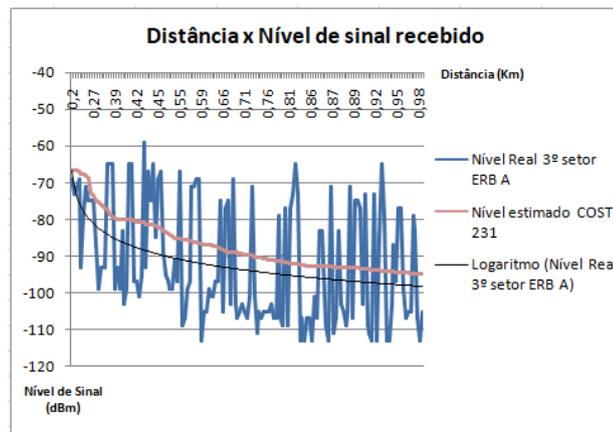
Fonte: Os autores

Gráfico 4: Gráfico modelo ECC-33 2º setor ERB



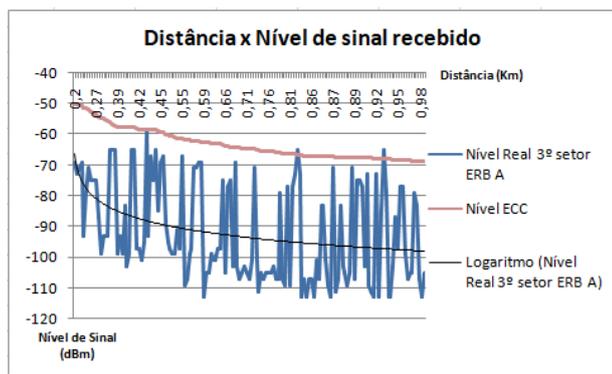
Fonte: Os autores

Gráfico 5: Gráfico modelo COST-231 3º setor ERB A



Fonte: Os autores

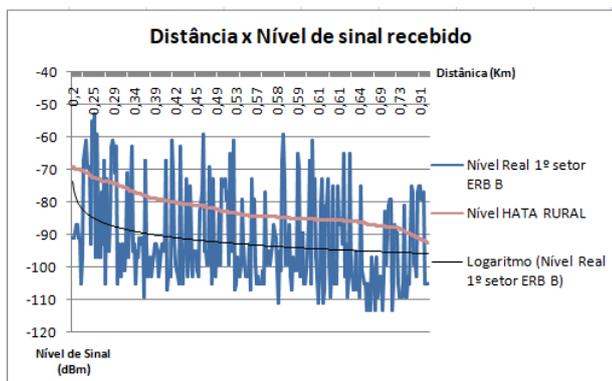
Gráfico 6: Gráfico modelo ECC-33 3º setor ERB A



Fonte: Os autores

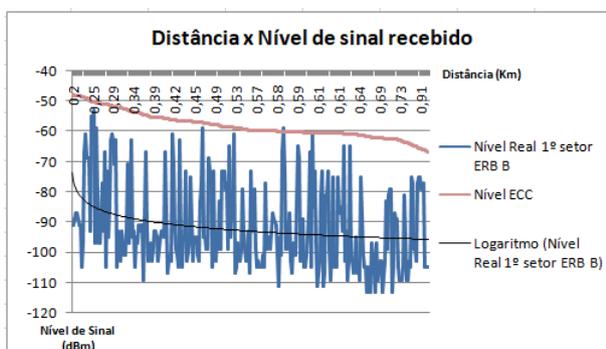
Para o 1º setor da ERB B, o Gráfico 7 representa o melhor resultado, pois as curvas apresentam maior proximidade, apresentando no seu pior caso média de -10dBm na diferença das curvas. O gráfico 8 apresenta o pior resultado, pois as curvas apresentam maiores distâncias entre si, chegando a uma diferença média de -25dBm.

Gráfico 7: Gráfico modelo Hata Rural 1º setor ERB B



Fonte: Os autores

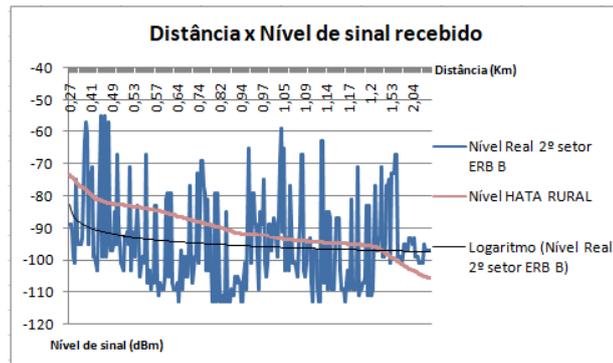
Gráfico 8: Gráfico modelo ECC-33 1ºsetor ERB B



Fonte: Os autores

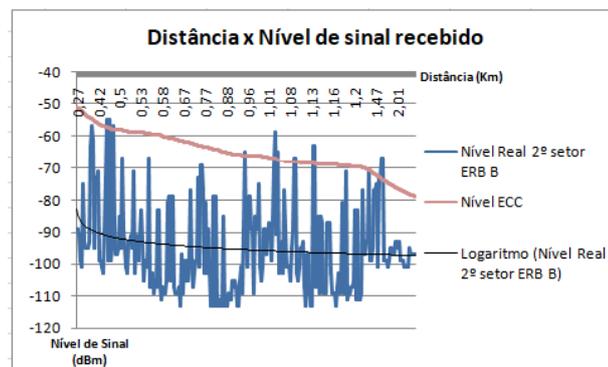
Para os demais setores da ERB B o cenário é o mesmo, o modelo Hata Rural apresenta o melhor resultado e o modelo ECC-33 o pior, variando somente as distâncias entre as curvas calculadas e a medida em campo. Os Gráficos 9a 12 demonstram estes resultados.

Gráfico 9: Gráfico modelo Hata Rural 2º setor ERB B



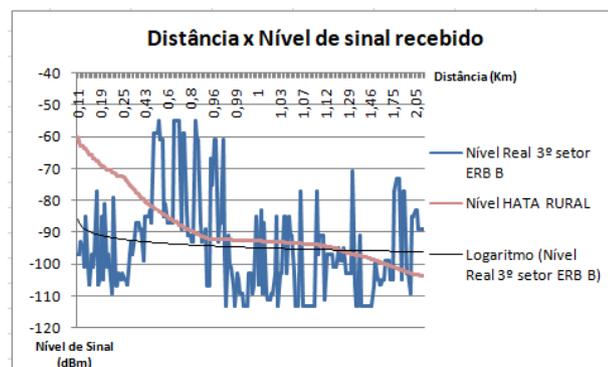
Fonte: Os autores

Gráfico 10: Gráfico modelo ECC-33 2º setor ERB B



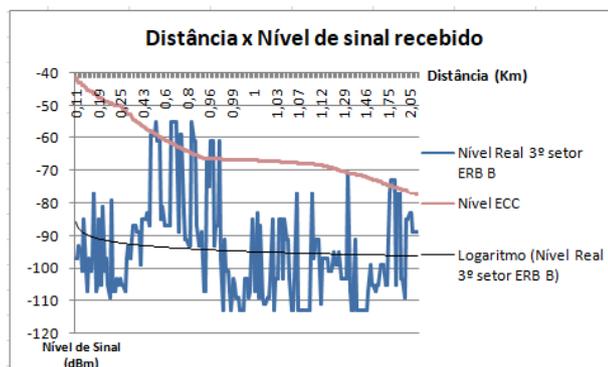
Fonte: Os autores

Gráfico 11: Gráfico modelo Hata Rural 3º setor ERB B



Fonte: Os autores

Gráfico 12: Gráfico modelo ECC-33 3º setor ERB B



Fonte: Os autores

## 5. CONCLUSÃO

Tendo em vista o crescimento do número de usuários do sistema móvel celular nos últimos anos, e a importância da previsão da cobertura do nível de sinal para o projeto de qualquer rede celular, pois esse parâmetro interfere na qualidade do serviço prestado. Este trabalho utilizou os modelos de propagação COST-231, Hata, Ericsson e ECC-33 para verificar qual melhor se aplicaria para um cenário urbano e rural do estado de Pernambuco. Essa ação é de muita importância, pois através desse estudo fica mais fácil projetar e até melhorar uma rede de celular para estas regiões, visando um serviço de qualidade e com o menor custo.

A partir dos estudos feitos e demonstrados nesse artigo, foi possível perceber que para região urbana o modelo que apresentou o melhor resultado de previsão comparando o cenário real foi o modelo COST-231 que para distâncias maiores que 0,5 Km da ERB apresentou diferença máxima menor que -10 dBm. Já para o cenário rural, o modelo que obteve melhor resultado foi o modelo de Hata Rural que apresentou medidas estimadas bem próximas ao cenário real, tendo no seu pior caso média de diferença de -10dBm e para distâncias da ERB entre 1 e 1,5 Km obteve média de diferença de -4dBm.

Para trabalhos futuros, pode-se avançar essa pesquisa para outras ERBs nas regiões de estudo para se ter um número maior de amostras. Outro ponto a se trabalhar é a desenvolvimento desse estudo para as redes *LTE (Long Term Evolution)*, a fim de projetar uma ferramenta para previsão de ambas às tecnologias.

## REFERÊNCIAS

- [1] ANATEL, Agência Nacional de Telecomunicações, <http://www.anatel.gov.br/dados/acessos-telefonia-movel>, Acessado em: 5 de Novembro de 2018.
- [2] Ashraf A Tahat, Yazan A Alqudah, “Analysis of Propagation Models at 2.1 GHz for Simulation of a Live 3G Cellular Network”, *IEEE, Wireless Advanced (WiAd)*, Junho 2011.
- [3] Armoogum Sheeba, “Path Loss Analysis for 3G Mobile Networks for Urban and Rural Regions of Mauritius”, *IEEE, Wireless and Mobile Communications (ICWMC), 2010 6th International Conference*, Setembro 2010.
- [4] Ronaldo de Andrade Martins, “Modelagem e medições de ondas de rádio para previsão de perda de propagação em ambientes urbanos”, monografia (pós-graduação em engenharia elétrica), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Junho 2006.
- [5] Rapaport, Theodore S. “Comunicações sem fio princípios e práticas”, Ed 2, São Paulo: Pearson, 2008.
- [6] Woldman, Helio, “Telecomunicações princípios e tendências”, Ed 1, São Paulo: Érica, 2000.
- [7] Lizandro Nunes da Silva, “Modelos de propagação aplicados à localização em telefonia móvel celular”, monografia (pós-graduação em engenharia de sistemas), Universidade de Pernambuco (UPE), Março 2013.
- [8] Jasmina Uzelac, Sonja Zentner Pilinsky, “Analysis of 2G and 3G Urban Area Coverage Measurement”, *IEEE, ELMAR (ELMAR), 57th International Symposium*, Setembro. 2015.
- [9] ANATEL, Agência Nacional de Telecomunicações. <https://sistemas.anatel.gov.br/se/public/view/b/licenciamento.php>, Acessado em: 5 de Novembro de 2018.
- [10] G-Net-Track Lite, Informações sobre o aplicativo, [http://www.gyokovsolutions.com/manuals/gnettrack\\_manual.php](http://www.gyokovsolutions.com/manuals/gnettrack_manual.php), Acessado em: 5 de Novembro de 2018.
- [11] Muhamad Aiman Zainali, Azita Laily Yusof, Salahuddin Al'ayubi B Abu Talib, “Drive test measurement between Maxis 2G and 3G networks in Uitm Shah Alam campus”, *IEEE, Student Conference on Research and Development*, Janeiro 2015.

## CAPÍTULO 12

### COMPARAÇÃO DE DESEMPENHO DE OPERAÇÕES *CRUD* EM DIFERENTES MODELOS DE BANCOS DE DADOS: RELACIONAL, ORIENTADO A OBJETOS E OBJETO-RELACIONAL

**Antonio A. G. de Arruda**

Departamento de Computação, Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
E-mail: [ayranarruda@gmail.com](mailto:ayranarruda@gmail.com)

**Everton J. de Oliveira**

Departamento de Computação, Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
E-mail: [yerto.jales@gmail.com](mailto:yerto.jales@gmail.com)

**João Paulo de F. C. Silva**

Departamento de Computação, Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
E-mail: [jpaulo4537@gmail.com](mailto:jpaulo4537@gmail.com)

**Angélica Félix de Castro**

Departamento de Computação, Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
E-mail: [angelica@ufersa.edu.br](mailto:angelica@ufersa.edu.br)

**Resumo:** Existem muitos bancos de dados e o modelo relacional é usado em várias aplicações. Este artigo tem como objetivo realizar um estudo comparativo do modelo relacional, orientado a objetos e objeto-relacional, a fim de encontrar vantagens de um modelo sobre o outro, considerando o tipo de operação realizada. A modelagem das tabelas foi feita com PostgreSQL para modelos relacionais e objeto-relacional e foi utilizado DB4Objects para modelagem orientada a objetos. Ao final, este trabalho apresenta um desempenho comparativo dos diferentes paradigmas testados, em relação ao INSERT, DELETE, UPDATE e SELECT.

**Palavras-chave:** Insert; Delete; Update; Select.

**Abstract:** There are many databases and the relational model is used for various applications. This article aims to conduct a comparative study of the relational model, object-oriented and object-relational, in order to find advantages of a model on the other, considering the type of operation performed. The modeling of the tables was made with PostgreSQL for relational and object-relational models and was used DB4Objects for modeling object-oriented. At the end, this work presents a comparative performance of different paradigms tested, in relation to the INSERT, DELETE, UPDATE and SELECT

**Keywords:** Insert; Delete; Update; Select.

## 1. INTRODUÇÃO

As bases de dados estão presentes em diversas aplicações na área da informática, sendo uma importante ferramenta para o funcionamento de diversos sistemas. De acordo com [1], bancos de dados são amplamente utilizados, tendo como aplicações representativas o uso em bancos, companhias aéreas, universidades, vendas, etc. Um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) é uma coleção de dados inter-relacionados e um conjunto de programas para acessar esses dados.

Um SGBD promove a interface entre o banco de dados, usuários e programas de aplicativos. Um sistema de banco de dados mantém os dados armazenados computacionalmente e um usuário do banco de dados pode realizar quatro operações básicas, que são: Criar (e inserir), Ler, Atualizar e Excluir (do inglês, **Create**, **Read**, **Update**, **Delete** - CRUD). Essas operações foram implementadas por meio de *Structured Query Language* (SQL). Segundo [2], SQL é a linguagem padrão para trabalhar com bancos de dados relacionais e quase todos os produtos da área de Banco de Dados o aceitam.

Neste trabalho, três paradigmas de banco de dados foram utilizados: Banco de Dados Relacionais, (BDR), Banco de Dados Orientado a Objetos (BDOO) e Banco de Dados Objeto-Relacional (BDOR). [1] escreveu que um banco de dados relacional consiste em uma coleção de tabelas, cada uma com um nome único e cada linha da tabela representa uma relação entre um conjunto de valores. Sobre os bancos de dados objeto-relacionais, [3] afirma que os Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados Relacional-Objeto (SGBDOR) trabalham com um modelo que usa orientação a objetos em tabelas, unindo os dois paradigmas em um, usando os conceitos de supertabelas, supertipos, herança, código reutilização, encapsulamento, controle de identidade de objeto (OID), referência de objeto, consultas avançadas e alta proteção de dados. Além disso, para [4], um Banco de Dados Orientado a Objetos (BDOO) é um banco de dados no qual cada informação é armazenada na forma de objetos, e só pode ser manipulada através de métodos definidos pela classe que está no objeto.

Este trabalho se propõe a realizar uma comparação entre os três modelos de banco de dados (BDR, BDOO e BDOR) no que diz respeito ao tempo de processamento da transação no CRUD, para diferentes quantidades de dados. O

objetivo é buscar um valor médio para o tempo de processamento das transações realizadas nos três diferentes modelos de banco de dados.

Embora a maioria das aplicações de sistemas de banco de dados tenha sido desenvolvida com o modelo relacional, o aumento da complexidade dos dados manipulados abre uma demanda por novos paradigmas de armazenamento e manipulação desses dados, permitindo a aplicação de novos modelos de banco de dados, como os orientados a objetos. Desta forma, este trabalho tenta mostrar se existem vantagens de um modelo de banco de dados sobre o outro, considerando operações CRUD. A partir daí, seria possível escolher um modelo de banco de dados que melhor se adapte às necessidades em questão, dependendo das operações que se pretende realizar.

## **2. OBJETIVOS**

O objetivo principal desse trabalho é realizar uma comparação entre os três modelos de banco de dados apresentados no que se refere ao tempo de processamento de transações *CRUD* (*Create, Read, Update e Delete*) para diferentes quantidades de dados. Pretende-se encontrar um valor médio para o tempo de processamento de transações realizadas nos três diferentes modelos de banco de dados para que se possa avaliar esses três modelos quanto ao seu desempenho ao realizar transações em diferentes modelos de banco de dados.

## **3. TRABALHOS RELACIONADOS**

[5] apresentou um estudo sobre modelo de banco de dados relacional, conceitos orientados a objetos, SGBD objeto-relacional e o padrão ODMG. Com base nessas tecnologias foi elaborado um estudo comparativo de duas diferentes implementações de uma mesma aplicação, utilizando diferentes modelos no SGBD objeto-relacional, o PostgreSQL.

[6] realizou um estudo comparativo entre banco de dados orientado a objetos, banco de dados relacional e framework para mapeamento objeto / relacional, no contexto de uma aplicação web. O trabalho concluiu que todas as técnicas de persistência de dados estudadas possuem vantagens que se complementam, porém,

em aplicações que necessitam de um recurso específico associado ao banco de dados, a melhor técnica é aquela que agrega mais benefícios sobre este recurso, ou seja, o ideal é tentar descobrir qual deve ser usado em uma determinada situação

Em [7], os autores desenvolveram um Sistema de Sistematização da Assistência de Enfermagem – SAE para a Clínica Escola da Universidade Potiguar (UnP) - Mossoró - RN - Brasil, que auxilia no rastreamento do câncer ginecológico. Essa metodologia foi implantada e recebeu o nome de SAE-GIN. Este trabalho fez a comparação entre um Banco de Dados Relacional (MariaDB) e um Banco de Dados Orientado a Objetos (DB4O); onde, ao final, o MariaDB obteve melhor desempenho

#### **4. METODOLOGIA APLICADA**

A mesma base de dados foi implementada nos três modelos propostos (relacional, orientado a objetos e objeto-relacional). Em seguida, as operações CRUD (*Create, Read, Update, Delete*) foram realizadas nos três paradigmas para avaliar o tempo de resposta de cada operação.

##### **4.1 SOFTWARES UTILIZADOS**

Os softwares utilizados foram: PostgreSQL (modelos Relacional e Objeto-Relacional) e DB4O (modelo Orientado a Objetos). Sobre cada um deles, tem-se:

PostgreSQL: é um poderoso sistema de banco de dados objeto-relacional de código aberto que usa e estende a linguagem SQL combinada com muitos recursos que armazenam e escalam com segurança as cargas de trabalho de dados mais complicadas. PostgreSQL ganhou uma forte reputação por sua arquitetura comprovada, confiabilidade, integridade de dados, conjunto de recursos robustos, extensibilidade e a dedicação da comunidade de código aberto por trás do software para entregar soluções inovadoras e de alto desempenho de maneira consistente [8].

DB4O: escolhido como SGBD baseado no Modelo Orientado a Objetos. Este banco de dados orientado a objetos pode ser usado em aplicações embarcadas, cliente-servidor e desktop, e ainda permite que você armazene classes Java

diretamente no banco de dados sem a necessidade de usar consultas SQL. A versão utilizada neste artigo foi 8.0 [9].

## **4.2 HARDWARE UTILIZADO**

O hardware utilizado foi: Notebook DELL; Processador Intel® Core (TM) i3-5005U CPU 2,00 GHz; 8,00 GB de memória RAM; Windows 10 Home único idioma; onde os testes foram executados dez vezes para cada paradigma de banco de dados para obter um valor médio aproximado.

## **4.3 METODOLOGIA UTILIZADA**

Todas as operações CRUD foram realizadas nos três tipos de bancos de dados analisados. Nos testes de inserção, todos os dados foram inseridos em um banco de dados vazio. Cada bateria de teste foi composta por um banco de dados com número de registros diferente: dez mil, cem mil e um milhão de registros. Nas baterias de teste de cem mil e um milhão de registros, uma amostra de cem registros foi obtida para todas as operações, exceto a operação de inserção. Os registros nesta amostra foram distribuídos em um intervalo de 10.000 registros (um registro a cada 10.000). Para todas as outras quantidades de registros a serem testados, os registros foram testados um por um.

### **4.3.1 Criação (E Inserção)**

O teste de inserção visa inserir a quantidade especificada de registros em um banco de dados vazio. Para cada paradigma de banco de dados foram inseridos registros em um banco de dados inicialmente vazio, variando-se a quantidade de inserções de dez mil a um milhão de registros. Foi calculado o tempo necessário para essas inserções nos três paradigmas analisados, com os três tamanhos propostos, calculando-se o tempo médio de inserção por registro para cada modelo de banco de dados e tamanho de banco. Após dez rodadas realizando esse processo, identificou-se a média geral de inserções para cada condição testada.

### **4.3.2 Leitura**

O teste de leitura tem como objetivo calcular o tempo de busca por tabelas de diferentes tamanhos e identificar se esse tempo tem alguma relação com a quantidade de dados nas tabelas. O teste consiste em buscar os elementos um a um no banco de dados, calculando o tempo total de busca de todos os registros testados. Em seguida, é encontrado o tempo médio de pesquisa para cada paradigma de banco de dados e cada tamanho de banco de dados testado. Após dez execuções realizando este processo, a pesquisa média geral para cada condição testada foi identificada.

### **4.3.3 Atualização**

O teste de atualização visa atualizar todos os registros do banco de dados, atualizando um registro por vez e somando o tempo total necessário para atualizar todos os registros, encontrando assim o tempo de atualização do banco de dados. Em seguida, o tempo médio total de atualização do banco para o número de registros testados é calculado a fim de encontrar o tempo médio de atualização da unidade. Após dez execuções desse processo, a média geral de atualizações para cada condição testada foi identificada.

### **4.3.4 Eliminação**

O teste de exclusão tem como objetivo atingir o tempo limite de exclusão de todos os registros em uma tabela. Um registro por vez foi excluído até que todos os registros no banco de dados fossem excluídos. Em seguida, o tempo de exclusão da unidade de cada registro é somado e o tempo médio total de exclusão do banco de dados para o número de registros testados é anotado para encontrar o tempo médio de exclusão da unidade. Após dez execuções desse processo, a média geral de exclusões para cada condição testada foi identificada.

## 5. RESULTADOS OBTIDOS

Todos os bancos de dados tiveram seu melhor desempenho geral no processo de inserção - resultados tão eficientes que não são muito relevantes na escolha do melhor banco de dados ao longo do tempo desta operação para um determinado tamanho de banco de dados. Nos outros três fatores, cabe ao desenvolvedor levantar a quantidade de operações, incluindo leitura, atualização e exclusão, que ele projeta para o sistema, identificando os pontos fortes e fracos de cada tipo de banco de dados:

O Banco de Dados Orientado a Objetos apresentou o melhor desempenho na operação de inserção, mas não teve um desempenho tão bom nas outras operações, principalmente quando a quantidade de dados inseridos nele é aumentada, sendo recomendado apenas para algumas aplicações simples.

O Banco de Dados Objeto-Relacional assumiu uma posição intermediária de desempenho em leitura, exclusão e atualização, sendo aproximadamente equivalente ao banco de dados relacional em operações de inserção.

O Banco de Dados Relacional demonstrou excelente desempenho em todas as quatro operações, com melhor desempenho em três delas (o teste de um milhão de registros): a) com uma vantagem de mais de quatrocentas vezes sobre o segundo lugar no que diz respeito ao tempo de remoção; b) pelo menos quatro vezes mais rápido do que qualquer outro no momento da atualização; c) duas vezes mais rápido que o segundo no tempo de pesquisa.

A Tabela 1 mostra os tempos médios de inserção dos dez mil, cem mil e um milhão de registros. Os tempos obtidos nas inserções feitas na base de dados orientada a objetos foram menores que os demais para todas as grandezas testadas.

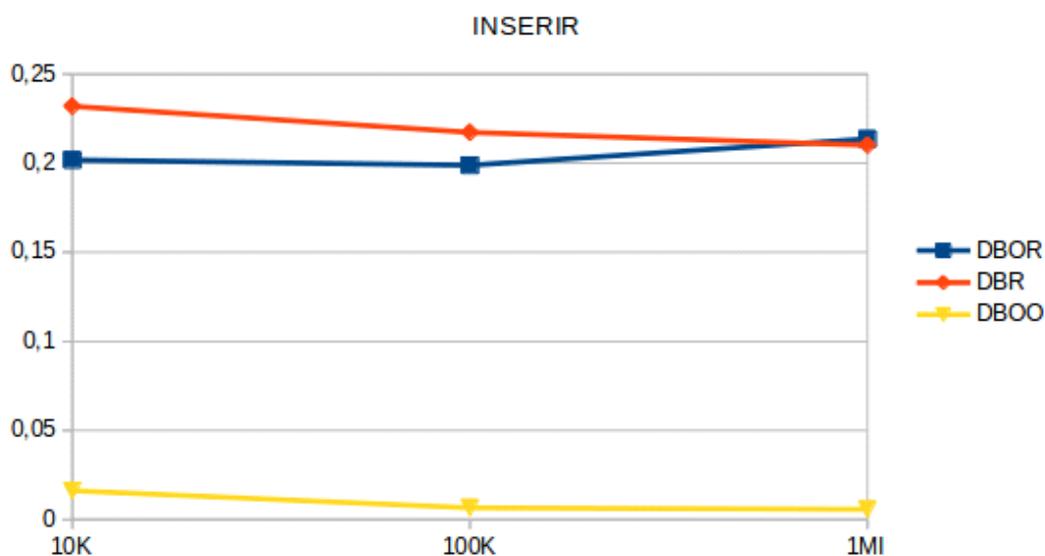
Tabela 1: Tempo médio de inserção (em milissegundos) para bancos de dados de respectivamente dez mil, cem mil e um milhão de registros

<b>INSERIR</b>	<b>BDOR</b>	<b>BDR</b>	<b>BDOO</b>
10K	0,20182	0,23194	0,0162
100K	0,198848	0,217292	0,006554
1Milhão	0,21358	0,2101327	0,0056962

Fonte: Os autores

Na Figura 1 é possível visualizar o gráfico que descreve o comportamento das operações de inserção, considerando os três paradigmas de banco de dados adotados e para diferentes números de registros, que são dez mil, cem mil e um milhão de registros. Este gráfico representa os dados da Tabela 1.

Figura 1: Tempo médio de inserção (em milissegundos) para bancos de dados de respectivamente dez mil, cem mil e um milhão de registros



Fonte: Os autores

Na Tabela 2, é possível visualizar os valores médios de tempo obtidos para a retirada de registros nos valores de dez mil, cem mil e um milhão, para os três paradigmas de banco de dados analisados. Com esses dados, é possível concluir que o banco de dados relacional obteve os menores tempos de processamento, enquanto o banco de dados orientado a objetos obteve os maiores tempos de remoção de registros.

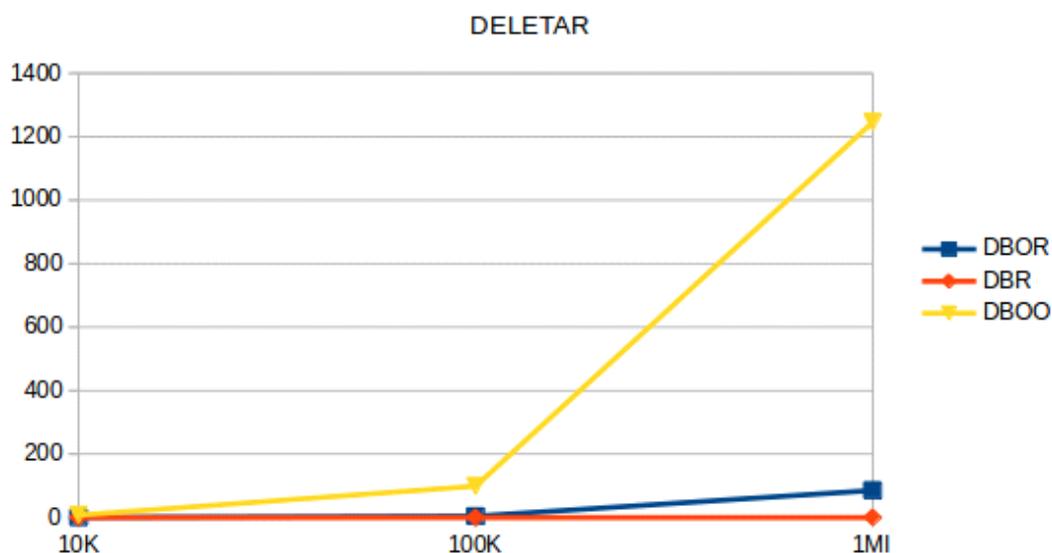
Tabela 2: Tempo médio de remoção (em milissegundos) para bancos de dados de respectivamente dez mil, cem mil e um milhão de registros

DELETAR	BDOR	BDR	BDOO
10K	0,83641	0,2121	7,92886
100K	4,346481	0,210302	98,874217
1Milhão	85,546	0,2077446	1246,3697

Fonte: Os autores

A Figura 2 mostra o gráfico que descreve o comportamento das operações de exclusão, considerando os paradigmas de banco de dados adotados e para diferentes números de registros: dez mil, cem mil e um milhão de registros. Este gráfico representa os dados da Tabela 2.

Figura 2: Tempo médio de remoção (em milissegundos) para bancos de dados de respectivamente dez mil, cem mil e um milhão de registros



Fonte: Os autores

Na Tabela 3, é possível visualizar os valores obtidos com o tempo médio de atualização dos registros, obtidos para os três paradigmas de banco de dados testados, nos valores de dez mil, cem mil e um milhão de registros. Observa-se o alto tempo obtido para o banco de dados orientado a objetos e o menor tempo geral para o banco de dados objeto-relacional.

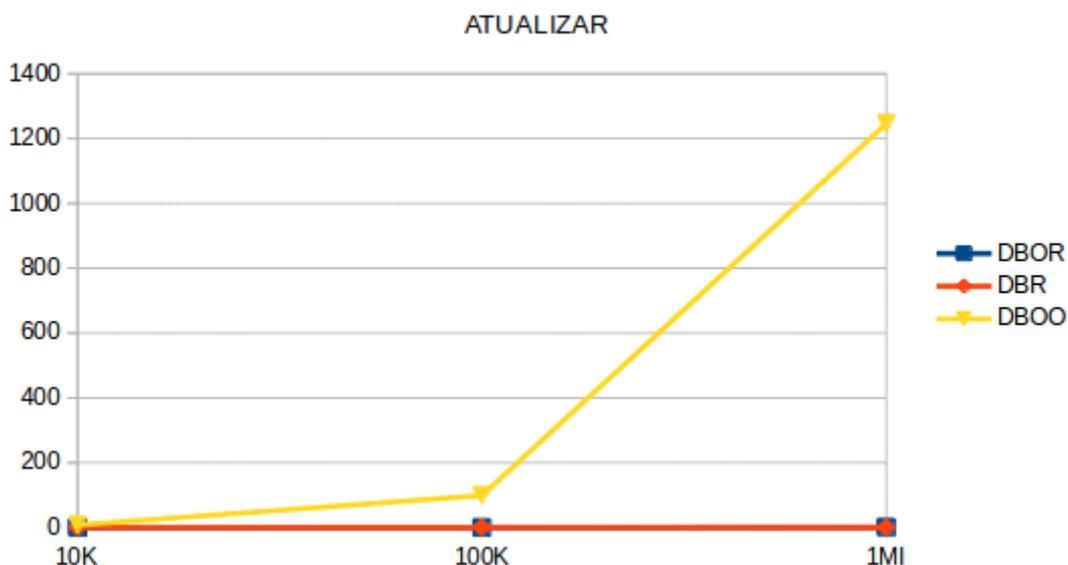
Tabela 3: Tempo médio de atualização (em milissegundos) para bancos de dados de respectivamente dez mil, cem mil e um milhão de registros

ATUALIZAR	BDOR	BDR	BDOO
10K	0,01309	0,24258	7,92559
100K	0,102997	0,236678	98,873545
1Milhão	0,88224	0,2275	1246,3697

Fonte: Os autores

Na Figura 3 é possível visualizar o gráfico que descreve o comportamento das operações de atualização. Consideramos os três paradigmas adotados na análise e o seguinte número de registros em cada banco: dez mil, cem mil e um milhão de registros. Este gráfico representa os dados da Tabela III.

Figura 3: Tempo médio de atualização (em milissegundos) para bancos de dados de respectivamente dez mil, cem mil e um milhão de registros



Fonte: Os autores

Na Tabela 4, é possível visualizar os tempos médios obtidos para a leitura dos registros, considerando os três paradigmas da base de dados analisados, para as quantidades de dez mil, cem mil e um milhão de registros. No geral, o banco de dados relacional teve o melhor desempenho, enquanto o banco de dados de objetos relacional teve o pior desempenho.

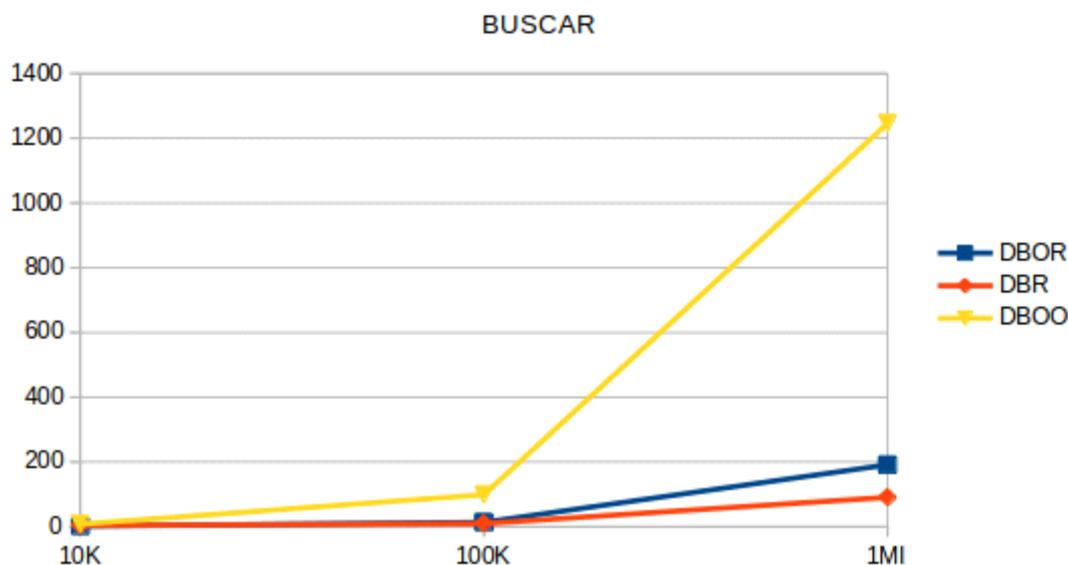
Tabela 4: Tempo médio de busca (em milissegundos) para bancos de dados de respectivamente dez mil, cem mil e um milhão de registros

BUSCAR	BDOR	BDR	BDOO
10K	1,967	3,474	7,908
100K	13,717	9,795	98,866
1Milhão	191,181	90,847	1246,363

Fonte: Os autores

É possível verificar, na Figura 4, o gráfico que descreve o comportamento das operações de busca. Foram considerados os três paradigmas adotados na análise e o seguinte número de registros em cada banco: dez mil, cem mil e um milhão de registros. Este gráfico representa os dados da Tabela 4.

Figura 3: Tempo médio de busca (em milissegundos) para bancos de dados de respectivamente dez mil, cem mil e um milhão de registros



Fonte: Os autores

É possível perceber que o modelo orientado a objetos tem melhor desempenho na inserção, mas em outras operações, ele não é o mais adequado. Essas e outras conclusões são discutidas na seção seguinte.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do estudo comparativo entre as velocidades dos três principais paradigmas de bancos de dados, foi possível concluir que o paradigma relacional, dentre os três, o mais antigo, continua sendo altamente eficiente diante dos demais paradigmas que estão surgindo. Foi possível concluir ainda que o nível de abstração é inversamente proporcional à velocidade de acesso da informação em um sistema de banco de dados. Nos testes realizados, o paradigma que demonstrou ser o mais lento de uma maneira geral, foi o orientado a objetos, caracterizado por ter o maior nível de abstração, ou seja, um maior isolamento dessa informação em relação ao

que é realmente armazenado por computadores. O paradigma relacional, com menor nível de abstração, demonstrou ser o mais rápido, de forma geral.

Isto não quer dizer que os paradigmas orientados a objetos e objeto-relacional sejam abordagens de pouca utilidade, pois como pode-se analisar nos gráficos apresentados, quando esses paradigmas são utilizados com quantidades pequenas de informação, o desempenho torna-se aceitável. Além disso, suas abordagens mais complexas acrescentam funções úteis na administração e acesso aos bancos.

De acordo com os resultados obtidos nas análises realizadas, é possível perceber que para bancos onde a operação de inserção é primordial, todos os três paradigmas testados obtiveram bons resultados, de forma que recomenda-se o uso de qualquer um deles para qualquer porte de banco. Dá-se uma ênfase maior ao banco de dados orientado a objeto pois foi mais rápido que os demais para todos os portes de banco testados.

Em relação às operações de remoção, recomenda-se o uso de bancos de dados relacionais, pois este teve o menor tempo médio por remoção em comparação com os demais paradigmas, para todos os portes de banco.

Em relação às operações de atualização tem-se duas recomendações. Para bancos de portes médios e pequenos no nível dos testes aqui apresentados, recomenda-se o uso de um banco de dados objeto-relacional, pois este obteve um menor tempo médio por operação de atualização. Já para bancos de porte maior como o apresentado nas análises (1.000.000 de registros) recomenda-se o uso de um banco de dados relacional, pois para esse porte de banco, este paradigma obteve o menor tempo médio por operação de atualização.

Em relação às operações de busca para bancos de porte pequeno no nível do apresentado nas análises (10.000 registros), recomenda-se o uso de bancos de dados objeto-relacional, pois foram estes que obtiveram o menor tempo médio por operação de busca. Já para bancos de médio e grande porte no nível dos apresentados nas análises, recomenda-se o uso de bancos de dados relacionais, pois foram estes que obtiveram o menor tempo médio por operação de busca.

Os bancos de dados orientados a objetos, apesar de combinarem bastante com aplicações reais, muitas vezes modeladas com o paradigma orientado a objeto, só são recomendados para bancos onde as inserções são predominantes, de acordo

com os dados obtidos pelas análises feitas. Os resultados aqui obtidos são válidos para procedimentos segundo a metodologia aqui adotada.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) pelo apoio financeiro e pela infraestrutura disponibilizada.

## REFERÊNCIAS

- [1] Silberschatz, A., Korth, H. F. and Sudarshan, S., 2006. Sistema de Banco de Dados. 5th. Ed. Elsevier, Rio de Janeiro. ISBN: 853521107, pp: 808.
- [2] Date, C.J., 2003. Introdução a Sistemas de Bancos de Dados. 8th. Ed. Elsevier, Rio de Janeiro. ISBN: 8535212736, pp: 896.
- [3] Boscarioli, C., Bezerra, A., Benedicto M. and Delmiro, G., 2006. Uma reflexão sobre Banco de Dados Orientados a Objetos. Congresso de Tecnologias para Gestão de Dados e Metadados do Cone Sul, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. <https://conged.deinfo.uepg.br/artigo4.pdf>. Último Acesso: 29 Nov. 2021.
- [4] Galante, A. C., Moreira, E. L. R. and Brandão, F. C., 2016. Banco de Dados Orientado a Objetos: Uma Realidade. Macaé, Rio de Janeiro, Brasil. [http://www.fsma.edu.br/si/educacao3/banco\\_de\\_dados\\_orientado\\_a\\_objetos.pdf](http://www.fsma.edu.br/si/educacao3/banco_de_dados_orientado_a_objetos.pdf). Último Acesso: 29 Nov. 2021.
- [5] Bonfioli, G. F. 2006. BANCO DE DADOS RELACIONAL E OBJETO-RELACIONAL: UMA COMPARAÇÃO USANDO POSTGRESQL. Monografia de Graduação, Bacharelado em Ciência da Computação, Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, Brasil.
- [6] Oliveira, M. M. A., Carlos, D. G., Sousa, A. R. V. O. and Castro, A. F., 2015. Um estudo comparativo entre banco de dados orientado a objetos, banco de dados relacionais e framework para mapeamento objeto/relacional, no contexto de uma aplicação web. Holos. Natal – RN Brasil. <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1153>. Último Acesso: 29 Nov. 2021
- [7] Lins, J. C. C. and Castro, A. F. 2018. Analysis of Relational and Object Oriented Database from SAE-GIN. Proceedings of the EATIS 2018 - Euro American Conference on Telematics and Information Systems, 12-14 Nov., ACM Digital Library, pp: 1-5. DOI: <https://doi.org/10.1145/3293614.3293639>
- [8] PostgreSQL, 2020. What is PostgreSQL? <http://www.postgresql.org/docs/9.5/static/intro-what-is.html>. Último Acesso: 29 Nov. 2021
- [9] DB4O, 2007. DB4O. <https://www.mono-project.com/archived/db4o/> Último Acesso: 29 Nov. 2021

## CAPÍTULO 13

### COMPARAÇÃO DE PERFORMANCE ENTRE UM BANCO DE DADOS RELACIONAL E DOIS BANCOS NÃO-CONVENCIONAIS DO TIPO NOSQL

**Leopoldo de Freitas Costa**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
E-mail: leuhx.lf@gmail.com

**Angélica Félix de Castro**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
E-mail: angelica@ufersa.edu.br

**Resumo:** Este trabalho tem por objetivo fazer a comparação de performance entre as tecnologias de banco de dados Relacional (PostgreSQL) e dois bancos de dados NoSQL (Cassandra e MongoDB), com problemas tipicamente inseridos dentro do contexto relacional. O objetivo final desse trabalho é criar bases de dados equivalentes: uma relacional e duas NoSQL, alimenta-las com o mesmo conjunto de dados, proporcionando a execução de operações do CRUD e, conseqüentemente, a mensuração do custo computacional, de forma a gerar informações que permitam a comparação de desempenho entre essas três arquiteturas de banco de dados.

**Palavras-chave:** Bancos de dados relacionais; NoSQL; PostgreSQL; Cassandra; MongoDB; Performance; Desempenho.

## 1. INTRODUÇÃO

Tratando-se de persistência de dados, os bancos de dados relacionais dominam o mercado há algum tempo, devido à sua simplicidade e pelos baixos requisitos de grande parte de seus usuários. Mas esses tipos de bancos não foram projetados para escalabilidade e agilidade das aplicações modernas e as demandas atuais na área da computação exigem que os SGBD's (Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados) consigam armazenar, filtrar e manipular grandes volumes de informação (os conhecidos Big Data).

Os bancos de dados não-convencionais NoSQL (*Not Only SQL*) surgiram para suprir a demanda de problemas mais específicos, e também para prover uma escolha aos usuários com ferramentas de armazenamento mais eficientes e de baixa latência de pesquisa quando o escopo são grandes volumes de dados.

Assim como os bancos relacionais, os bancos NoSQL possuem um grande arco de SGBD's disponíveis no mercado, cada um com suas características e particularidades. Os SGBD's possuem *plugins*, *drivers* ou até integração direta com IDEs, que estão disponíveis para uma variedade de linguagens de programação, e possibilitam a comunicação com o banco diretamente da aplicação.

Todos SGBD's, apesar de seus pontos positivos e a praticidades atreladas ao seu domínio, possuem pontos fracos que devem ser analisados na hora de escolher qual deles devemos usar. E, como consequência do grande aumento do volume de dados a serem armazenados, o principal fator para a escolha de um SGBD é seu desempenho.

O objetivo geral deste trabalho consiste em pesquisar e comparar dois bancos NoSQL (Cassandra e MongoDB) e também um banco de dados relacional de referência (PostgreSQL), e medir o desempenho deles quando estão conectados a uma aplicação através de um driver da linguagem Java, e ilustrar uma comparação entre eles, através dos dados obtidos. Os objetivos específicos pretendem realizar as operações básicas (o *read*, o *insert*, o *update* e o *delete* - *CRUD*), em cada banco e apresentar uma análise comparativa dos dados obtidos.

A principal motivação desse trabalho se deve ao fato de que muitas vezes o desempenho de um banco de dados pode cair quando a conexão com aplicação não

é otimizada. Por isso, a importância de testar, não apenas o banco mais também seus meios de comunicação com as aplicações.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

Nessa seção serão revisados alguns conceitos de banco de dados para a compreensão desse trabalho; além do estado da arte sobre o assunto em questão.

### **2.1 BANCOS DE DADOS RELACIONAIS E BANCOS NÃO-CONVENCIONAIS NoSQL**

Os banco de dados surgiram com o objetivo de organizar informações, como um repositório, de uma forma segura e também para facilitar as buscas e consultas de dados.

Os SGBDs são compostos de um conjunto de softwares responsáveis pela criação e gerenciamento de bancos de dados. Eles oferecem inúmeras ferramentas ao usuário como uma linguagem para escrita de comandos, uma interface para visualização dos dados, um servidor de armazenamento de dados, dentre outras ferramentas. Sua utilização traz vantagens como: eficiência no acesso aos dados, uma interface amigável, segurança na manipulação de dados (Elmasri e Navathe, 2015). O modelo de SGBD mais conhecido e utilizado é o modelo relacional. Este modelo tem uma estrutura de armazenamento e relacionamento através de tabelas, onde cada coluna da tabela corresponde a um campo ou atributo de dado diferente e cada linha um registro diferente.

O propósito da criação dos bancos de dados NoSQL foi para fornecer um conjunto de novos recursos de gerenciamento de dados e também superar algumas limitações presentes nos bancos de dados relacionais (Oliveira, 2017). Com o objetivo de vencer essas limitações, o NoSQL se baseia no BASE (basicamente disponível, estado leve e eventualmente consistente), caracterizado por ter uma grande disponibilidade dos dados; entretanto umas das desvantagens desse modelo é a falta de consistência devido ao fato de não possuir esquema, diferente do modelo relacional que se baseia no princípio ACID (Atomicidade, Consistência, Isolamento e

Durabilidade), o qual garante uma consistência forte mas gera uma escalabilidade mais difícil em comparação ao BASE (Robinson *et al.*, 2015).

Quando comparados estes dois modelos de dados, nota-se que o modelo NoSQL possui uma maior flexibilidade por diversos motivos, como por exemplo, o fato de não possuir uma estrutura fixa, podendo os dados serem armazenados de forma não estruturada, semiestruturada ou estruturada, garantindo uma das principais vantagens em relação ao modelo relacional uma vez que cerca de 80% de toda informação hoje gerada é não estruturada (Data Science Academy, 2019).

A utilização de bases não relacionais contribui para a diminuição de gastos da empresa, pois a alta escalabilidade horizontal permite a utilização de diversos servidores com baixo custo, diferentemente do cenário visto no relacional que possui uma alta escalabilidade vertical, sendo necessário muitas das vezes a construção de mainframes com elevada capacidade de processamento (Abranova *et al.* (2014) e Brito (2019)).

Existem quatro categorias principais de bancos NoSQL, que são divididos pelo seu paradigma de armazenamento: chave-valor, documentos, família de colunas e grafos.

## **2.2 POSTGRESQL, CASSANDRA E MONGODB**

O PostgreSQL é categorizado um SGBD Relacional, devido ao seu paradigma de armazenamento em tabelas. O PostgreSQL é uma ferramenta de código aberto e é padronizado com a linguagem SQL (*Structured Query Language*) para escrita de comandos. Possui uma ferramenta baseado em prompt de texto para escrita de comandos chamada psql, e também um o pgAdmin que é uma interface gráfica. O PostgreSQL possibilita a manipulação de dados através das camadas ODBC e JDBC, possibilitando a comunicação de aplicações com o banco (PostgreSQL, 2019).

O Cassandra é um banco NoSQL baseado em família de colunas. Foi criado pelo Facebook, mas hoje pertence a Apache, ele é descentralizado, tolerante à falhas e possui uma alta escalabilidade. Os bancos baseados em família de colunas armazenam dados em colunas de uma tabela, onde as colunas são independentes entre si. Uma coluna pode possuir uma chave que aponta para múltiplas colunas (Apache Cassandra, 2019).

Os bancos família de colunas tem sua estrutura bastante semelhante aos bancos relacionais, mas seu modelo orientado a coluna foi criado para processar cinco grandes quantidades de dados distribuídos em muitas máquinas e proporcionar armazenamento e pesquisas mais rápidas (Devmedia, 2019).

O MongoDB é um banco de dados baseado em documentos mas também pode ser usado como um banco chave-valor. É o banco NoSQL mais utilizado atualmente, por possuir código-aberto e uma alta performance e escalabilidade.

Os bancos NoSQL baseados em documentos tem como principal característica a despadronização de registros e o uso de uma estrutura de dados chamada JSON. O JSON é um modelo para armazenamento e transmissão de dados, e ao contrário das tabelas pode ter campos inseridos ou apagados a qualquer momento e todo documento novo pode ter uma configuração totalmente diferente do anterior (Devmedia, 2019). O modelo JSON é usado largamente em aplicações web devido ao seu formato compacto em comparação ao XML. A Figura 1 exibe um exemplo de documento JSON.

Figura 1: Modelo de Documento JSON

```
{
  "id": 1,
  "nome": "Rodrigo",
  "cpf": "12345678912",
  "telefone": ["912345678", "912345679"]
}
```

Fonte: Os autores

Entender essas bases de dados é importante para a compreensão do presente trabalho.

### 2.3 ESTADO DA ARTE – TRABALHOS RELACIONADOS

Alguns trabalhos de comparação entre tecnologias foram encontrados na literatura:

Oliveira *et al.* (2015) realizou um estudo comparativo entre banco de dados orientado a objetos, banco de dados relacionais e framework para mapeamento objeto/relacional, no contexto de uma aplicação web. O trabalho chegou à conclusão de que todas as técnicas de persistência de dados estudadas possuem vantagens

que se complementam, todavia, em aplicações que necessitam de um recurso específico associado à base de dados, a melhor técnica é aquela que agrega o maior número de benefícios acerca desse recurso, ou seja, o ideal é tentar descobrir qual deve ser empregada em uma determinada situação.

Muniz e Santos (2017) realizaram a comparação entre MySQL e o MongoDB; onde – para as necessidades deles – o MongoDB se mostrou ser o mais eficaz. Oliveira *et al.* (2018) também comparou um BD relacional (Microsoft SQL Server - MSSQL) e o MongoDB; onde analisou as arquiteturas dos bancos de dados e realizou teste envolvendo grandes massas de dados para a verificação do desempenho de cada banco. Nos resultados obtidos na referida pesquisa, observou-se uma diferença surpreendente entre o banco de dados MSSQL Server e o MongoDB no tempo de inclusão de dados. Outro resultado que chamou a atenção foi o tempo de consulta entre o MongoDB e o MSSQL, que se mostrou significativo para as conclusões sobre que banco é mais recomendável para grandes requisições.

E por fim, Oliveira (2017) realizou um estudo comparativo entre os sistemas gerenciadores de banco de dados relacional Oracle e o NoSQL Cassandra em relação ao armazenamento de um data warehouse e avaliou o tempo de resposta de consultas submetidas a eles.

### **3. METODOLOGIA APLICADA**

Para a realização desse experimento, foram criadas três bases de dados similares, uma para cada SGBD (PostgreSQL, Cassandra e MongoDB). Foi utilizado o Eclipse Oxygen 3, uma IDE para desenvolvimento de aplicações em Java. Nessa ferramenta foi criado um projeto de conexão para cada banco escolhido e utilizados instrumentos da linguagem Java para medir o tempo de execução das requisições e transações com o banco.

Para realizar a análise comparativa, foram utilizados o banco relacional PostgreSQL 10, os bancos NoSQL Cassandra 2.2.8 e o MongoDB 3.6 e seus drivers de conexão com a linguagem Java: Hibernate 4.1, Cassandra Driver Core 3.4.0, e o MongoDB Driver 3.6.3, respectivamente. Esses drivers de conexão disponibilizam uma maneira de se comunicar com o banco diretamente da aplicação, através da

adição de bibliotecas e dependências para o uso na linguagem Java. Eles oferecem uma ou mais maneiras de fazer todas as operações básicas do banco.

Os testes tiveram como ambiente de execução um notebook Dell Inspiron 15R com Windows 7 Ultimate SP1. E o software utilizado foi o Eclipse Oxygen 3.

Em cada banco de dados foram realizadas as quatro operações do CRUD (*Create (e Insert), Read, Update e Delete*). Para cada banco foi criado um projeto no Eclipse e para cada operação foi utilizada uma classe diferente. Para a marcação do tempo, antes e depois da comunicação com o banco, foi salva em uma variável o tempo do sistema usando a classe *System* e depois subtraiu-se o tempo final do inicial. O código usado para calcular o tempo é exibido na Figura 2.

Figura 2: Código para cálculo do tempo

```

long startTime = System.nanoTime();

long endTime = System.nanoTime();

System.out.println ("Took" + (endTime - startTime) / 1000000 + " ms");

```

Fonte: Os autores

A estrutura de dados utilizada para inserção de dados foi simples: id int primary key, nome varchar(50) e email varchar(30).

Os comandos do CRUD utilizados para cada operação nos três bancos de dados utilizados podem ser visualizados nas Tabelas 1, 2 e 3 abaixo:

Tabela 1: Comandos CRUD utilizados no PostgreSQL

<b>Insert</b>	session.save(a1); <i>(para cada entrada, passando um objeto como parâmetro)</i>
<b>Read</b>	List<Alunos> lista = session.createQuery("from Alunos").list();
<b>Update</b>	session.createQuery("update Alunos set email = 'alunos@gmail.com' where email like '%@ufersa.edu.br'").executeUpdate();
<b>Delete</b>	session.createQuery("delete from Alunos").executeUpdate();

Fonte: Os autores

Tabela 2: Comandos CRUD utilizados no Cassandra

<b>Insert</b>	insert into alunos (id, nome, email) values (" + id + ", " + name + ", " + email + ")" ( <i>para cada entrada</i> )
<b>Read</b>	"select * from alunos"
<b>Update</b>	update alunos set email = 'alunos@gmail.com' where id = 1 ( <i>para cada id</i> )
<b>Delete</b>	truncate alunos

Fonte: Os autores

Tabela 3: Comandos CRUD utilizados no MongoDB

<b>Insert</b>	collection.insertOne(doc); ( <i>para cada entrada</i> )
<b>Read</b>	collection.find().forEach(printBlock);
<b>Update</b>	collection.updateMany(eq("Nome", "Mario"), set("Email", "alunos@gmail.com"));
<b>Delete</b>	collection.deleteMany(eq("Nome", "Mario"));

Fonte: Os autores

É importante ressaltar que para o teste de *update* no Cassandra foi necessário utilizar uma abordagem diferente, pois o Cassandra só suporta comandos através da chave. Com os outros bancos foi possível fazer o *update* em todos os registros com um comando e com o Cassandra foi preciso fazer um comando para cada registro.

Para realizar a comparação da performance, foram realizados os mesmos dois experimentos nos três bancos envolvidos: no primeiro teste foram utilizadas 10 entradas nos bancos e no segundo teste foram utilizadas 50 entradas. Em ambos os casos, o tempo da operação foi calculado em milissegundos (ms).

Os testes consistiram em executar todas as operações nas três situações para, além de verificar a diferença entre os modelos, averiguar se a diferença na quantidade de dados influencia significativamente.

## 4. RESULTADOS OBTIDOS

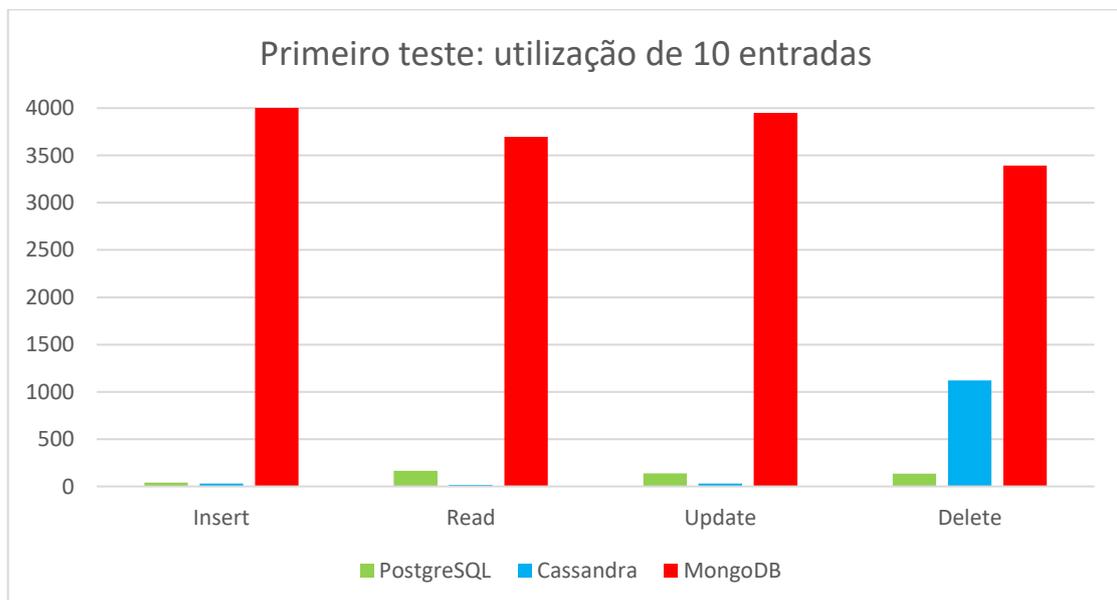
As tabelas e gráficos abaixo mostram os resultados obtidos nessa comparação realizada. A Tabela 4 e a Figura 3 mostram a utilização de 10 entradas e o tempo calculado para cada operação do CRUD em milissegundos (ms).

Tabela 4: Resultado dos testes utilizando 10 entradas, em milissegundos (ms)

	Insert	Read	Update	Delete
PostgreSQL	42	165	139	136
Cassandra	31	18	31	1119
MongoDB	5519	3698	3951	3394

Fonte: Os autores

Figura 3: Resultados das operações CRUD (tempo calculado em ms) no primeiro teste realizado



Fonte: Os autores

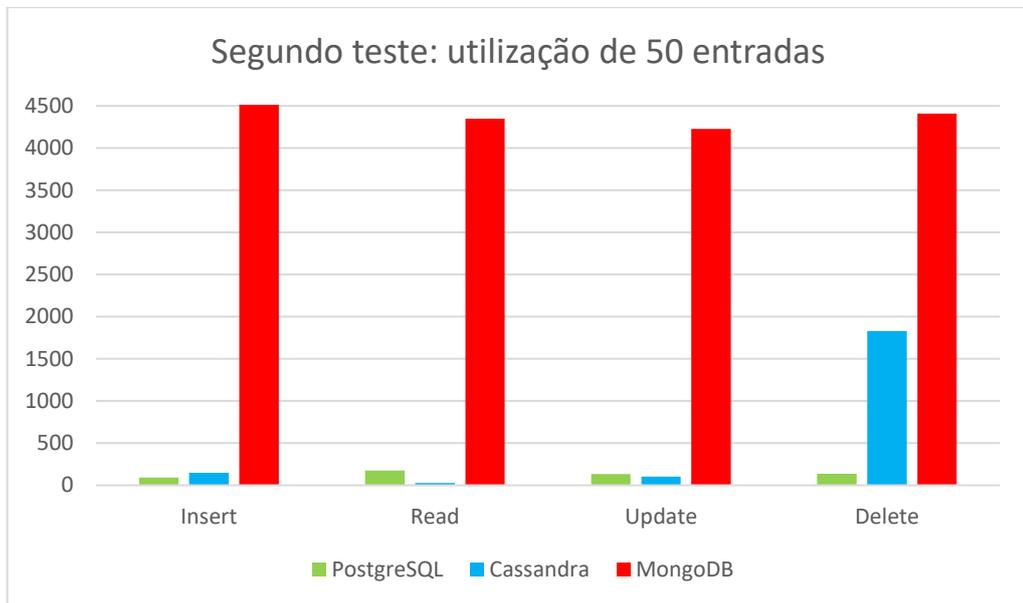
A Tabela 5 e a Figura 4 exibem a utilização de 50 entradas e o tempo calculado para cada operação do CRUD em milissegundos (ms).

Tabela 5: Resultado dos testes utilizando 50 entradas, em milissegundos (ms)

	Insert	Read	Update	Delete
PostgreSQL	90	176	132	136
Cassandra	147	27	101	1829
MongoDB	14708	4350	4226	4409

Fonte: Os autores

Figura 4: Resultados das operações CRUD (tempo calculado em ms) no segundo teste realizado



Fonte: Os autores

Sendo assim, foi possível perceber que existe uma diferença considerável entre o PostgreSQL e o Cassandra com o MongoDB. É notório que o MongoDB demorou bem mais para realizar as operações básicas do CRUD.

## 5. CONCLUSÕES

Foi possível perceber nas tabelas e gráficos exibidos acima que o MongoDB claramente teve um desempenho inferior em todos os testes e apesar de seu suporte a registros sem padrões; não parece ser uma opção viável quando se deseja uma resposta rápida em uma aplicação Java.

Os testes de *insert* deram um bom resultado tanto para o PostgreSQL quanto para o Cassandra, logo, é possível concluir que esses dois bancos tem um bom desempenho para fluxo de inserção de dados, onde o PostgreSQL tem um desempenho melhor se comparado ao Cassandra, quando foram utilizadas 50 entradas.

Os testes de *read* deram um resultado bem parecido ao PostgreSQL para as duas quantidades de entrada, o que dá a impressão que ler tabelas com um volume maior de registros pode ser mais eficiente. Já o Cassandra apresentou um resultado excelente na leitura de dados dos dois testes, se mostrando a melhor escolha para a consulta rápida de dados.

Os testes de *update* deram um resultado melhor que os de leitura para o PostgreSQL, que mantém uma média de tempo em todas as operações. E mais uma vez o Cassandra se sobressaiu nos testes de atualização, mesmo tendo um tratamento diferente nos comandos, conseguiu um desempenho excelente.

Os testes de *delete* mais uma vez deram um bom resultado na média de tempo das outras operações do PostgreSQL. Já o Cassandra teve seu ponto fraco descoberto, pois seu tempo de deleção foi uma média de 10 vezes maior que o do PostgreSQL.

Podemos concluir que o PostgreSQL se manteve na média para todas as operações demonstrando ser a melhor opção para aplicações que utilizem a linguagem Java.

O Cassandra, apesar de seu desempenho inferior nos testes de deleção, compensou com desempenho excelente nos testes de leitura e atualização, demonstrando-se ser a melhor solução para aplicações que fazem muitas consultas e modificações de dados.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) pelo apoio financeiro e pela infraestrutura disponibilizada.

## REFERÊNCIAS

Abramova, V., Bernardino, J., Furtado, P. **Experimental Evaluation of NoSQL Databases**. Vol. 6, Nº. 3. 2014

Apache Cassandra. **Site oficial do Apache Cassandra**. 2019. Disponível em: <<http://cassandra.apache.org/>>. Acesso em: 09 dez. 2021.

Brito, R. **Bancos de Dados NoSQL x SGBDs – Relacionais: Análise Comparativa**. 2019. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/433629-Bancos-de-dados-nosql-x-sgbds-relacionais-analise-comparativa.html>>. Acesso em: 09 dez. 2021.

Data Science Academy. **Big data fundamentos**. 2019. Disponível em: <http://www.datascienceacademy.com.br/path-player?courseid=big-data-fundamentos>. Acesso em: 09 dez. 2021.

Devmedia. **Banco de dados NoSQL: Um novo paradigma - Revista SQL Magazine 102**. 2019. Disponível em: <<https://www.devmedia.com.br/banco-de-dados-nosql-um-novo-paradigma-revista-sql-magazine-102/25918>>. Acesso em: 09 dez. 2021.

Elsmari, R. e Navathe. **Sistemas de Bancos de Dados**, 6ª edição. Pearson Education. 2015.

Muniz, M. H. S. e Santos, R. C. P. **Comparação de Performance de Processamento entre Bases de Dados Relacionais e Bases de Dados NoSQL**. 2017. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/113479730-Comparacao-de-performance-de-processamento-entre-bases-de-dados-relacionais-e-bases-de-dados-nosql.html>>. Acesso em: 09 dez. 2021.

Oliveira, M. M. A., Carlos, D. G., Sousa, A. R. V. O. and Castro, A. F. **Um estudo comparativo entre banco de dados orientado a objetos, banco de dados relacionais e framework para mapeamento objeto/relacional, no contexto de uma aplicação web**. 2015. Holos. Natal – RN, Brasil Disponível em: <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1153>. Último Acesso: 29 Nov. 2021

Oliveira, P. W. **Estudo comparativo entre SGBD relacional e NoSQL baseado em colunas para projetos de BI**. 2017. Trabalho de conclusão de curso. Disponível em: <[https://bibliotecadigital.stf.jus.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/1184/Estudo\\_comparativo\\_entre\\_SGBD\\_relacional\\_e\\_NoSQL\\_baseado\\_em\\_colunas.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bibliotecadigital.stf.jus.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/1184/Estudo_comparativo_entre_SGBD_relacional_e_NoSQL_baseado_em_colunas.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em: 09 dez 2021.

Oliveira, M. S., Melo, N. F., Santos, L. C. e Oliveira, W. P. **Banco de dados NoSQL x banco de dados SQL - Estudo de desempenho em grandes massas**. 2018. In: South American Development Society Journal, v. 14. N. 11.

PostgreSQL. **Site oficial do PostgreSQL**. 2019. Disponível em: <<https://www.postgresql.org/>>. Acesso em: 09 dez. 2021.

Robinson, I., Webber, J. e Eifrem, E. **Graph Databases**. 2ª Edição. O'Reilly. 2015

## CAPÍTULO 14

### A REDE ORGANIZACIONAL: REDE SOCIAL FORMADA POR GRUPOS DE REDES SOCIAIS VIRTUAIS NO AMBIENTE DE TRABALHO

**Biiana Giudice da Silva Cezar**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

E-mail: bibigscezar@hotmail.com

**Paulo Vanderlei Cassenego Junior**

Universidade Federal do Pampa

E-mail: paulo.cass@gmail.com

**Resumo:** As redes sociais virtuais vêm sendo incorporadas nas relações de trabalho contemporâneas desempenhando um papel de disseminação da informação. Portanto, tem-se como objetivo geral analisar a estrutura da rede social formada a partir de grupos em redes sociais virtuais entre colaboradores de uma organização. Adotou-se o método análise de redes sociais solicitando aos respondentes que citassem os integrantes dos grupos de redes sociais virtuais relacionados a questões laborais dos quais participam. Utilizaram-se métricas de centralidade, densidade e modularidade no software Gephi 0.9.1 para construir a rede e analisa-la. A partir da identificação de 23 grupos diferentes, mapeou-se uma rede de afiliação não direcionada composta por 68 nós e 1501 arestas, densa e estruturada em quatro módulos. Os colaboradores mais centrais apresentam diferentes setores e posições. Isso indica que informações laborais são disseminadas virtualmente de maneira heterogênea. Alguns papéis centrais na rede social mapeada não coincidem com a estrutura organizacional formal.

**Palavras-chave:** Redes Sociais; Redes Sociais Virtuais; Grupos; Ambiente Organizacional; Análise de Redes Sociais.

## 1. INTRODUÇÃO

A revolução tecnológica da informação e comunicação tem transformado a sociedade desde seus primeiros inventos. Atualmente, vive-se em um mundo globalizado e caracterizado pela ubiquidade, instantaneidade, acessibilidade e crescente popularização das telecomunicações, sobretudo, da internet. Essa imersão tecnológica e informacional molda o comportamento dos indivíduos e sua maneira de se relacionar e, conseqüentemente, impacta as relações de trabalho, gerando efeitos nas organizações (RUSHKOFF, 2012; KING; NARDI; CARDOSO, 2014; RINKER; BESSI, 2015).

Dos diversos recursos oriundos da tecnologia informacional e da comunicação, emergem as redes sociais virtuais, plataformas digitais que permitem a conexão e o compartilhamento de informações entre indivíduos sem barreiras geográficas ou de tempo (KING; NARDI; CARDOSO, 2014). Essas ferramentas tornaram-se parte da rotina de grande parcela da sociedade, sendo incorporadas nas atividades diárias, inclusive no trabalho (RINKER; BESSI, 2015).

Atualmente, são numerosas as funcionalidades proporcionadas pelas redes sociais virtuais para facilitar diversos aspectos da vida dos seus usuários. No que tange a esfera profissional, essas tecnologias focam na agilidade e precisão do compartilhamento de informações (CARLOTTO *et al.* 2014). Sobretudo, com a possibilidade de criação de grupos de conversas e compartilhamento de conteúdos instantâneos e privados para tratar de assuntos relativos ao trabalho (FERREIRA; LUZ; MACIEL, 2015).

Em um contexto pautado pelas redes sociais virtuais, a linha entre o online e o off-line faz-se muito tênue do mesmo modo que o que é pessoal faz-se também profissional (SANTOS; RODRIGUES; MELO, 2017). Nesse sentido em que as interações virtuais causam impactos nas interações físicas, os grupos de redes sociais virtuais, especialmente os relacionados a questões laborais, tornam-se importantes elementos de análise da dinâmica e das relações organizacionais. Sendo assim, o presente estudo surgiu a partir da seguinte problemática: como se estrutura a rede social formada a partir de grupos em redes sociais virtuais entre os colaboradores de uma organização?

Visando responder a questão supracitada determinou-se como objetivo geral **analisar a estrutura da rede social formada a partir de grupos em redes sociais virtuais entre os colaboradores de uma organização**. Para auxiliar o alcance deste propósito, elencaram-se os seguintes objetivos específicos: **a)** Mapear a rede social formada a partir de grupos de redes sociais virtuais entre os colaboradores de uma organização; **b)** Identificar os atores centrais da rede social de acordo com métricas de centralidade; **c)** Analisar o vínculo institucional, função e exercício de cargos de poder dos atores centrais.

Pode-se perceber um crescente interesse acadêmico acerca das redes sociais virtuais (VISENTINI; BOBSIN; CHAGAS, 2015), inclusive considerando-as importantes ferramentas no ambiente de trabalho (SANTOS; RODRIGUES; MELO, 2017). Assim como constatam-se cada vez mais pesquisas sobre as relações virtuais entre grupos sociais a partir da análise das estruturas dessas conexões (RECUERO; BASTOS; ZAGO, 2015). Entretanto, ainda não foi estudado o uso das redes sociais virtuais como ferramentas de trabalho por uma perspectiva relacional, proporcionada pela análise de redes sociais. Sendo assim, justifica-se o presente estudo com base nessa lacuna encontrada na produção científica relativa a temática.

O presente artigo estrutura-se em cinco partes sendo esta primeira uma breve introdução ao tema, seguida pelo referencial teórico, dividido em dois tópicos: uso das redes sociais virtuais no ambiente de trabalho e formação de redes sociais nas organizações, que serviram de suporte conceitual para a realização dessa pesquisa. Em seguida, apresenta-se a metodologia utilizada para alcançar os objetivos propostos, os resultados alcançados e as considerações finais.

## **2. USO DAS MÍDIAS SOCIAIS VIRTUAIS NO AMBIENTE DE TRABALHO**

Atualmente, é raro encontrar organizações que não utilizem pelo menos alguma tecnologia da informação e comunicação (TIC) em seus processos e atividades (PINOCHET, 2014). As TICs são consideradas como o conjunto integrado de mecanismos tecnológicos que combinam *hardwares* e *softwares* para gerar, reter, manipular, transmitir, trocar, manifestar e utilizar a informação em suas diversas formas (RYSSEL; RITTER; GEMÜNDEN, 2004; TURBAN et al., 2010). Dentre os variados tipos de TICs que são utilizados no meio organizacional, apresentam-se as

redes sociais virtuais que, apesar de serem ferramentas geralmente idealizadas visando o entretenimento, possuem recursos que podem ser úteis para a realização de tarefas do trabalho (RINKER; BESSI, 2015).

As redes sociais virtuais proporcionam aos indivíduos uma interação mediada pela internet: instantânea, gratuita e livre de barreiras geográficas (RHEINGOLD, 1996; SHIMAZAKI; PINTO, 2011). Essa facilidade oportunizada pelas mídias sociais virtuais tem sido conferida a muitos adeptos que, de maneira crescente, apresentam uma necessidade de manterem-se conectados constantemente, inclusive, no horário de expediente (YOUNG; ABREU, 2011).

Dentre os aspectos positivos do uso das mídias sociais no ambiente organizacional, tanto para empregados quanto para empregadores, apresenta-se a facilidade e rapidez na comunicação e troca de informações importantes entre colegas de trabalho, solução de problemas em tempo real, compartilhamento de ideias, conhecimentos e recursos e colaboração entre a equipe (CAO et al., 2012; DIERCKSEN et al., 2013; ADZOVIE; NYIEKU; KEKU, 2017). Entretanto, deve-se atentar a políticas de uso adequado no ambiente de trabalho e utilizar essas mídias para gerar valor para a organização e suas atividades (CULNAN; MCHUGH; ZUBILLAGA, 2010; RINKER; BESSI, 2015).

Um recurso muito utilizado das mídias sociais virtuais no âmbito organizacional é o *chat* de conversas instantâneas privadas que pode ser usufruído por duas pessoas ou por um grupo que pode ser formado por trabalhadores de toda a organização, de setores específicos ou conforme relações de amizade. Essas interações virtuais podem constituir redes sociais dentro da rede social organizacional, conceitos que estão demonstrados no tópico a seguir.

### **3. FORMAÇÃO DE REDES SOCIAIS NAS ORGANIZAÇÕES**

Uma rede pode ser explicada, da maneira mais simples, como um conjunto de pontos unidos por linhas em pares, na qual, em uma perspectiva social, os pontos representam os atores (pessoas ou organizações) e as linhas as relações e laços estabelecidos entre eles. Essas ligações podem ser tanto fortes quanto fracas, formais ou informais, constantes ou raras, afetivas ou utilitárias, entretanto, sempre envolvem

algum conteúdo compartilhado e, geralmente, algum grau de confiança (GRANOVETTER et al., 1998; NELSON, 1984; NEWMAN, 2010).

Um importante exemplo de uma rede social é a organização que, de acordo com Nohria e Eccles (1992), se dão a partir da necessidade de interação, colaboração mútua e recíproca, relacionamento, integração e comunicação entre integrantes da organização.

No contexto organizacional, as redes sociais podem ser analisadas em três formas: Redes Interorganizacionais, que abrangem os relacionamentos bilaterais ou multilaterais, homogêneos ou heterogêneos e formais ou informais entre organizações; Redes Intraorganizacionais, compreendendo a cadeia de valor e os processos produtivos dentro da organização; e Redes Intrapessoais, concentrando-se nos membros da organização (NOHRIA; ECCLES, 1992).

Partindo da perspectiva intrapessoal, conforme Conde e Farias Filho (2016), as organizações são formadas por indivíduos que interagem de maneira formal, prevista em regulamentos prescritos pela própria firma, e informal, espontaneamente, além da estrutura formal. Formalmente, os membros da organização compõem uma rede social conforme a estrutura do organograma institucional descrito em documentos e que define a hierarquia, funções e cargos a serem desempenhados (DAFT, 2008). Por outro lado, as redes sociais informais são formadas quando os membros da organização se identificam entre si e passam a estabelecer relações de amizade, não necessariamente seguindo a lógica do organograma estabelecido (MANDELLI, 2010).

De acordo com Soda e Zaheer (2012), ambas as formas de redes sociais se complementam e exercem influência importante nos processos e atividades das organizações. No entanto, as interações informais podem trazer mais agilidade e flexibilidade a esses processos, superando as barreiras da burocracia formal (CONDE; FARIAS FILHO, 2016). Sendo assim, tendo em vista os conceitos da utilização de redes sociais utilizadas no âmbito laboral e de redes sociais organizacionais, com ênfase nas perspectivas formal e informal das relações no meio de trabalho, a seguir, apresenta-se a metodologia aplicada no presente estudo.

#### **4. METODOLOGIA**

A fim de alcançar os objetivos propostos, a presente pesquisa adotou como método a Análise de Redes Sociais (ARS) que, de acordo com Wasserman e Faust (1999), baseia-se no mapeamento, formalização gráfica e quantificação das interações (arestas) entre atores (nós) de uma rede, tornando possível o levantamento dos conteúdos e particularidades provenientes dessas relações. Nesse sentido, o foco da ARS consiste em compreender estruturas sociais através de dados relacionais que, diferentemente dos dados de ordem individual utilizados na estatística convencional, baseiam-se nos laços e conexões entre agentes e o papel destes na rede (RECUERO; BASTOS; ZAGO, 2015). Em virtude do método escolhido, o estudo caracteriza-se como descritivo e de abordagem quantitativa, uma vez que buscou-se especificar e analisar características de uma população de maneira numérica (RICHARDSON, 2012; SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2013).

A presente pesquisa, através da ARS, propôs-se a analisar como se configura a rede social formada a partir de grupos em redes sociais virtuais entre os colaboradores de uma organização. Para tal, apoiando-se em no conceito de rede completa ou inteira, da qual se tem conhecimento de todos os atores envolvidos (SOUZA; QUANDT, 2008; RECUERO; BASTOS; ZAGO, 2015), aplicou-se um questionário tipo *survey* (ZANCAN; SANTOS; CAMPOS, 2012) solicitando aos respondentes que estruturassem a formação de todos os grupos de redes sociais virtuais relacionados a questões laborais que participa. O instrumento de coleta de dados está ilustrado na figura 1, a seguir:

Figura 1: Exemplificação do instrumento de coleta de dados aplicado na presente pesquisa

**Favor identificar no(s) quadro(s) abaixo os integrantes do(s) grupo(s) de redes sociais virtuais concebido(s) para fins laborais do(s) qual(is) você está inserido, especificando em qual rede social esse(s) grupo(s) encontra(m)-se:**

**Obs.:** Utilizar como exemplo o quadro já preenchido como o fictício “GRUPO EXEMPLO”, que se encontraria na rede social virtual *WhatsApp* e possuiria 7 membros, incluindo o respondente: Colaborador1, Colaborador3, Colaborador9, Colaborador11, Colaborador16, Colaborador36 e Colaborador40.

**Obs. 2:** Favor identificar o seu nome junto aos demais membros.

GRUPO	MEMBROS DO GRUPO (incluindo você)
GRUPO EXEMPLO	<u>Colaborador1, Colaborador3, Colaborador9,</u> <u>Colaborador11, Colaborador16, Colaborador36 e</u> <u>Colaborador40</u>
REDE SOCIAL VIRTUAL WHATSAPP	
REDE SOCIAL VIRTUAL _____	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

Fonte: Os autores

A organização estudada trata-se de uma instituição federal de ensino localizada na fronteira oeste do estado do Rio Grande do Sul integrada por uma rede social formal (hierarquizada) de 87 colaboradores. Optou-se por esse ambiente organizacional pela conveniência aos pesquisadores, pela receptividade à pesquisa e, sobretudo, por sua heterogeneidade uma vez que este é composto por um número significativo de indivíduos de diferentes vínculos institucionais, funções e cargos de coordenação, chefia e direção. Cabe ressaltar que essas informações acerca dos servidores públicos foram coletadas através de dados secundários oriundos do site Portal da Transparência (GOVERNO FEDERAL, 2018) e as informações acerca dos terceirizados e estagiários foram solicitadas a direção da organização.

De acordo com Recuero, Bastos e Zago (2015) a ARS parte da compreensão dos seguintes elementos básicos de qualquer rede: os nós, atores da rede social, e as arestas, conexões entre os atores da rede social. Sendo assim, na rede social da pesquisa em questão, os nós representam os colaboradores da organização citados ao menos uma vez como integrantes dos grupos de redes sociais virtuais relacionados a questões laborais pelos respondentes do questionário. Já as arestas são as conexões mediadas por grupos de redes sociais virtuais entre esses colaboradores.

Para mapear a rede social almejada elencaram-se os dados fornecidos pelos respondentes em uma matriz de relações N x N representando cada nó em uma linha e em uma coluna da tabela e preenchendo nas células centrais o valor 0 quando

não há conexão entre dois nós e valor 1 (ou o valor referente ao número de conexões entre dois nós) quando há (RECUERO; BASTOS; ZAGO, 2015). Saliencia-se que a rede em questão caracteriza-se por ser não direcionada ou simétrica visto que as arestas possuem mesmo peso em ambas as extremidades (RECUERO; BASTOS; ZAGO, 2015). A partir dessa matriz foi utilizado o *software Gephi* 0.9.1 para analisar a rede e construir uma representação gráfica dos seus nós e arestas (sociograma).

Por conseguinte, visando analisar a dimensão da rede social mapeada como um todo em suas propriedades (métricas de rede) e a centralidade de cada nó dessa rede (métricas de nó ou métricas de centralidade), utilizaram-se as seguintes métricas de ARS, constatadas com o auxílio do *software Gephi* 0.9.1, citadas e conceituadas na Figura 2, a seguir:

Figura 2: Métricas de Análise de Redes Sociais Utilizadas na Presente Pesquisa

Métricas	Conceito	
Métricas de Nó ou de Centralidade	<b>Grau de Centralidade</b> ( <i>Degree Centrality</i> )	Medida do número de conexões que cada nó possui com os demais nós da rede, variando de 0 ao número máximo de conexões possíveis (SHAW, 1964).
	<b>Grau de Centralidade ponderado</b> ( <i>Weighted Degree</i> )	Medida da quantidade de vezes que dois nós relacionaram-se entre si, representando a força dessa conexão (ABBASI; ALTMANN, 2011).
	<b>Centralidade de Intermediação</b> ( <i>Betweenness Centrality</i> )	Medida do quanto cada nó conecta grupos diferentes (que não se conectam diretamente), servindo como uma "ponte" de intermediação entre estes e reduzindo distâncias na rede (FREEMAN, 1979).
	<b>Centralidade de Proximidade</b> ( <i>Closeness Centrality</i> )	Medida do quanto cada nó está próximo dos demais nós da rede, considerando a distância média entre estes. Quanto menor a medida de proximidade, mais próximo o nó está dos demais (SABIDUSSI, 1966).
	<b>Centralidade de Autovetor</b> ( <i>Eigenvector</i> )	Medida do quanto cada conexão de cada nó é central na rede. Considera a centralidade das conexões não diretas de cada nó (BONACICH, 1972).
Métricas de Rede	<b>Densidade</b> ( <i>Density</i> )	Medida da interconexão da rede, referindo-se a quantidade de conexões identificadas em relação ao número total de conexões possíveis. Quanto mais conexões, maior a densidade e coesão da rede (BORGATTI <i>et al.</i> , 2009).
	<b>Modularidade</b> ( <i>Modularity</i> )	Medida de separação dos nós da rede por comunidades ou módulos (grupos de nós densamente conectados entre si, mas de maneira frágil com os demais nós da rede) (BLONDEL <i>et al.</i> , 2008).

Fonte: Os autores

É importante considerar que as métricas de nó ou de centralidade envolvem questões importantes como o compartilhamento de informações e relações de influência. Quando mais central (tanto em grau, intermediação, proximidade ou de autovetor) for o papel desempenhado por um nó na rede maior sua capacidade de

disseminar informações ou exercer influência nos demais nós da rede (RECUERO; BASTOS; ZAGO, 2015). Tendo em vista os procedimentos metodológicos e métricas utilizadas, no tópico a seguir demonstram-se e analisam-se os resultados auferidos.

## 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após a aplicação do instrumento de coleta de dados, foram identificados 23 grupos diferentes de redes sociais virtuais constituídos pelos colaboradores da organização para tratar de questões laborais. Vinte são grupos na rede social virtual *WhatsApp* e três na rede social virtual *Facebook*.

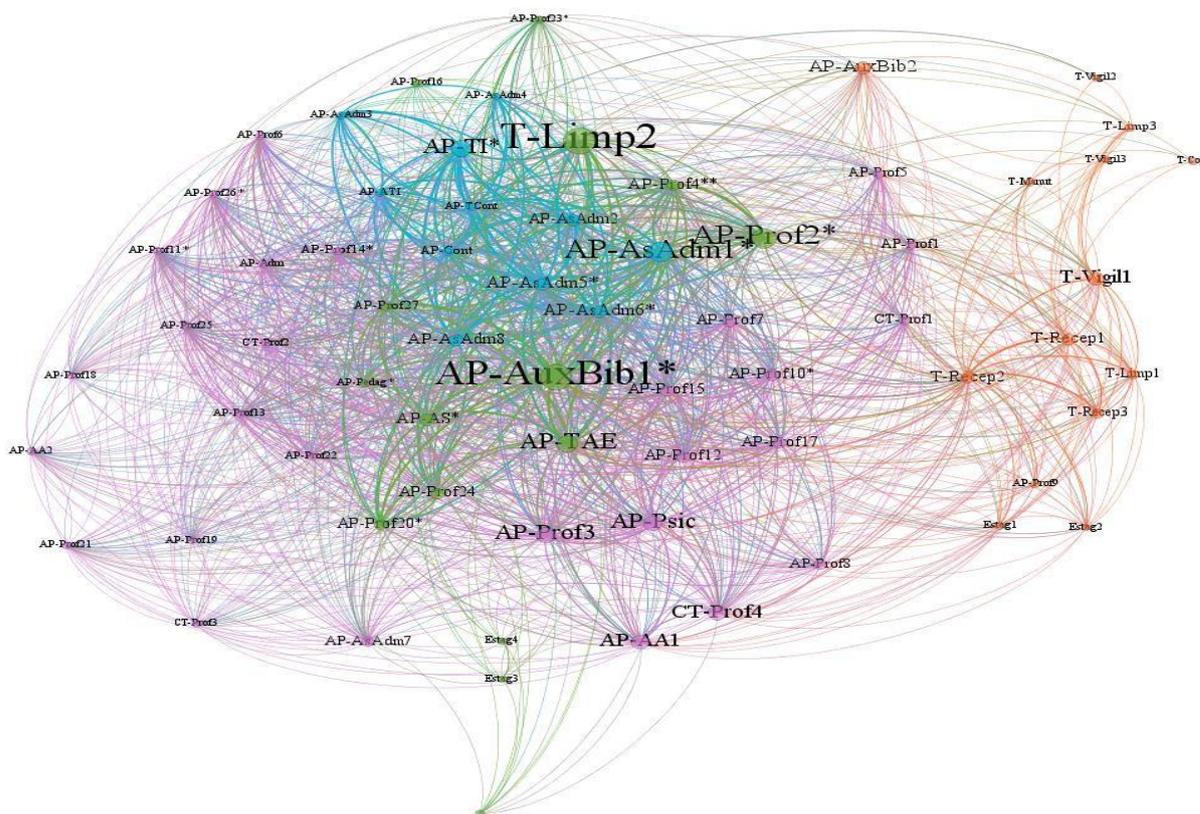
Dentre os 87 colaboradores que compõem a instituição, 68 foram citados pelo menos uma vez como integrantes dos grupos de redes sociais virtuais por seus colegas. Essa informação que 78% dos profissionais da referida organização utilizam tais ferramentas digitais como suporte para o desempenho de suas demandas laborais. Sendo assim, pode-se constatar que a rede social mapeada na presente pesquisa possui 68 nós ou atores.

A rede social formada a partir de grupos em redes sociais virtuais entre os colaboradores da organização é uma rede não direcionada composta por 68 nós e 1501 arestas, ou seja, os 68 atores da rede mantêm 1501 conexões. De acordo com a métrica de densidade (BORGATTI *et al.*, 2009) que resultou em um valor igual a 0,659 (que significa que 65,9% das conexões possíveis são realmente efetivas), trata-se de uma rede significativamente densa e coesa. Por sua vez, a métrica de modularidade (BLONDEL *et al.*, 2008) resultou em um valor igual a 0,119 e distinguiu 4 diferentes módulos. Isso quer dizer que dos 23 grupos citados pelos respondentes, verifica-se 4 grandes grupos de comportamento, que refletem a forma de organização dos atores. Os nós pertencentes a cada um desses quatro módulos se conectam de maneira densa entre si, mas frágil com os demais.

Para preservar os nomes dos 68 atores da rede, foram utilizadas rótulos conforme siglas de seus vínculos institucionais (AP – Ativo Permanente; CT – Contrato Temporário; T – Terceirizado; e E – Estagiário) e funções (professores, administrador, assistentes em administração, social e de alunos, psicólogo, contador, pedagogo, bibliotecário documentalista, auxiliares de biblioteca, analista e técnico de tecnologia da informação, técnico em contabilidade e em assuntos educacionais;

professores substitutos; recepcionistas, vigilantes, copeiro, responsável pela manutenção e responsáveis pela limpeza), acrescentando números para diferenciar colaboradores de mesmo vínculo e função e asteriscos para diferenciar colaboradores que exercem cargos de coordenação (\*), chefia (\*) ou direção (\*\*).

Figura 3: Rede Social Formada a Partir de Grupos em Redes Sociais Virtuais Entre os Colaboradores da Organização



Fonte: Os autores

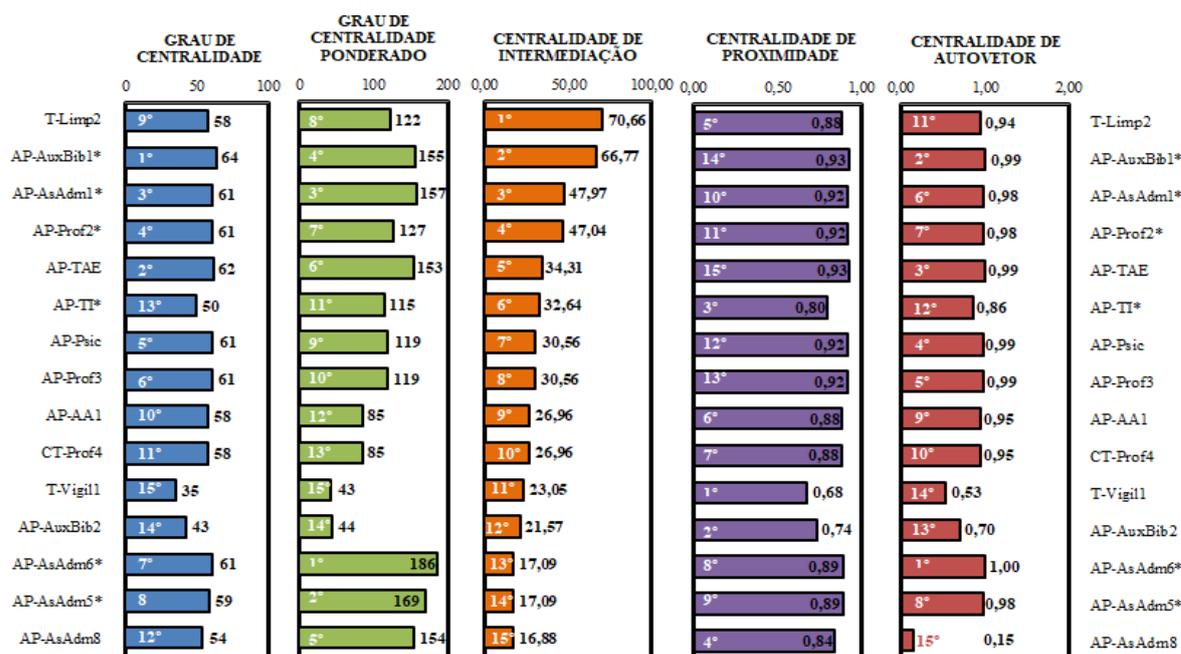
De acordo com a representação gráfica demonstrada na figura 3, a cor de cada nó e aresta indica o módulo ou comunidade em que este pertence (BLONDEL *et al.*, 2008). O tamanho do rótulo de cada nó reflete a sua centralidade de intermediação, ou seja, quanto maior seu rótulo, mais o nó conecta grupos diferentes servindo de “ponte” de intermediação entre estes (FREEMAN, 1979). Por sua vez, a espessura de cada aresta retrata o peso ou força de interação entre dois nós de acordo com seu grau ponderado, quanto mais espessa for a aresta entre dois nós, mais vezes esses se conectaram (ABBASI; ALTMANN, 2011). Na figura 4 apresentam-se os 15 nós proeminentes na rede, classificados de acordo com suas medidas de Grau de

Centralidade, Grau de Centralidade ponderado, Centralidade de Intermediação, Centralidade de Proximidade e Centralidade de Autovetor.

A figura 4 demonstra uma classificação dos 15 nós proeminentes na rede de grupos de redes sociais virtuais relacionados a questões laborais formadas por colaboradores de acordo com os maiores valores resultantes na métrica de centralidade de intermediação. Estes foram classificados de 1º (mais importante) a 15º, do maior valor ao menor (com exceção da medida

de centralidade de proximidade (SABIDUSSI, 1966) da qual a proeminência decresce do menor valor ao maior). Cabe ressaltar que em casos de valores repetidos na medida de centralidade de intermediação a ordem de classificação seguiu a ordem alfabética de A a Z enquanto nas demais métricas seguiu-se a ordem de maior valor de centralidade de intermediação ao menor.

Figura 4: Os 15 Nós Mais Centrais na Rede de Acordo com as Métricas de Nó ou Centralidade



Fonte: Os autores

De acordo com os resultados da métrica de centralidade de intermediação, o colaborador que conecta mais grupos diferentes é o T-Limp2 (funcionário terceirizado responsável pela limpeza), seguido por AP-AuxBib1\* (servidor ativo permanente auxiliar de biblioteca que atua em um cargo de coordenação ou chefia) e AP-AsAdm1\* (servidor ativo permanente assistente em administração que atua em um cargo de

coordenação ou chefia). Estes desempenham um importante papel de intermediação na rede, participando em diferentes grupos de redes sociais virtuais relacionados a questões laborais o que os torna relevantes na circulação de informações (FREEMAN, 1979).

Em relação quantidade de conexões, indicado pelo grau de centralidade dos colaboradores, pode-se auferir que AP-AuxBib1\* possui o maior número, seguido por AP-TAE (servidor ativo permanente técnico em assuntos organizacionais) e AP-AsAdm1\* (SHAW, 1964). Já AP-AsAdm6\* (servidor ativo permanente assistente em administração que atua em um cargo de coordenação ou chefia) é o colaborador que, de acordo com o grau de centralidade ponderado, possui conexões mais fortes, seguido por AP-AsAdm5\* (servidor ativo permanente assistente em administração que atua em um cargo de coordenação ou chefia) e AP-AsAdm1\* (ABBASI; ALTMANN, 2011).

T-Vigil1 (funcionário terceirizado vigilante), seguido por AP-AuxBib2 (servidor ativo permanente auxiliar de biblioteca) e AP-TI\* (servidor ativo permanente técnico em tecnologia da informação que atua em um cargo de coordenação ou chefia) são os colaboradores com a maior centralidade de proximidade na rede. Isso quer dizer que estes, apesar de situarem-se mais periféricamente no grafo, encontram-se em menor distância dos demais, o que aumenta a possibilidade destes serem influenciados ou até influenciar os demais (SABIDUSSI, 1966). Já no que diz respeito a centralidade de autovetor, identificou-se que AP-AsAdm6\* seguido por AP-AuxBib1\* e AP-TAE são os colaboradores que possuem conexões importantes e centrais na rede, o que pode aumentar o seu prestígio e poder de influência (BONACICH, 1972).

Ainda que colaboradores no exercício de cargos de coordenação ou chefia apresentaram papéis centrais na rede, é importante salientar que o colaborador que ocupa o nível hierárquico mais alto na organização (AP-Prof4\*\*) não revelou-se central. Por outro lado, o ator mais central é um funcionário terceirizado cuja função é considerada secundária em uma instituição de ensino. Esses resultados trazem à tona a importância de considerar, numa perspectiva organizacional, não somente as redes sociais formais e hierarquizadas, mas também as informais formadas a partir de laços de amizade ou influência (MANDELLI, 2010; SODA; ZAHEER, 2012; CONDE; FARIAS FILHO, 2016).

De maneira geral, os 15 nós proeminentes constituem um conjunto heterogêneo em relação a vínculos institucionais, funções e exercício ou não de cargos de coordenação e gestão. Isso pode refletir que, com o subsídio de grupos de redes sociais virtuais, as informações relativas a questões laborais podem ser disseminadas por seus colaboradores a diferentes setores na organização (RECUERO; BASTOS; ZAGO, 2015). No tópico a seguir apresentam-se as considerações finais auferidas pelo presente estudo.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Tendo em vista os resultados analisados anteriormente, pode-se concluir que a presente pesquisa atingiu o objetivo proposto de analisar a estrutura da rede social formada a partir de grupos em redes sociais virtuais entre os colaboradores de uma organização. A partir da identificação de 23 grupos de redes sociais virtuais diferentes citadas pelos respondentes da pesquisa, mapeou-se uma rede de afiliação não direcionada composta por 68 nós e 1501 arestas, densa ( $d = 0,659$ ) e estruturada em quatro módulos ( $mod = 0,119$ ). Colaboradores de diferentes setores e posições organizacionais apresentaram-se como mais centrais: terceirizados e servidores públicos (ativos permanentes ou com contratos temporários), alguns exercendo cargos de coordenação ou chefia. Isso pode indicar que as informações laborais são disseminadas virtualmente de maneira heterogênea, não concentrando-se em funções ou cargos específicos. Alguns papéis centrais na rede social mapeada não coincidem com a estrutura organizacional formal, como o fato de um colaborador terceirizado responsável pela limpeza apresentar-se mais central que o diretor da instituição.

Considerando a viabilidade da formação de grupos em redes sociais virtuais para tratar de questões laborais como um elemento importante no ambiente de trabalho contemporâneo, acredita-se que a presente pesquisa contribuiu teoricamente para a temática ao analisá-la através de sua estrutura social e relacional. De maneira prática, espera-se contribuir ao demonstrar que a estrutura organizacional informal formada através de grupos em redes sociais virtuais pode diferir em alguns pontos de sua estrutura formal e hierarquizada. Ressalta-se a relevância de compreender e valorizar essas relações informais e os atores que nestas desempenham papéis

centrais, para potencializar sua capacidade de disseminação heterogênea de informações e conhecimentos relacionados ao trabalho.

Salienta-se que o presente estudo limitou-se em analisar o uso de redes sociais virtuais no ambiente de trabalho somente em uma organização e por sua perspectiva positiva. Sendo assim sugere-se para pesquisas futuras uma reaplicação do estudo em outras organizações de diversos ramos a fim de comparar os resultados. Ademais, relacionar os resultados com uma análise do desempenho e produtividade organizacional para compreender os possíveis impactos positivos ou negativos do uso dessas tecnologias no ambiente de trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ABBASI, A.; ALTMANN, J. On the correlation between research performance and social network analysis measures applied to research collaboration networks. In: **System Sciences (HICSS)**, 44th Hawaii International Conference on. IEEE, 2011.
- ADZOVIE, D. E.; NYIEKU, I. E.; KEKU, J. A. **Influence of Facebook usage on employee productivity: A case of university of cape coast staff.** African Journal of Business Management, v. 11, n. 6, p. 110-116, 2017.
- BLONDEL, V. D.; GUILLAUME, J. L.; LAMBIOTTE, R.; LEFEBVRE, E. Fast unfolding of communities in large networks. **Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment**, v. 2008, n. 10, 2008.
- BONACICH, P. Factoring and Weighting Approaches to Status Scores and Clique Identification. **Journal of Mathematical Sociology**, v. 2, n. 1, 1972.
- BORGATTI, S. P.; MEHRA, A.; BRASS, D.; LABIANCA, G. Network Analysis in the Social Sciences. **Science**, v. 323, n. 5916, 2009.
- CAO, X.; VOGEL, D. R.; GUO, X.; LIU, H.; GU, J. **Understanding the influence of social media in the workplace: an integration of media synchronicity and social capital theories.** In 45th Hawaii International Conference on System Science (HICSS). 2012.
- CARLOTTO, M. S.; WENDT, G. W.; LISBOA, C.; MORAES, M. A. Preditores da Adição ao Trabalho em Trabalhadores que utilizam Tecnologias de Informação e Comunicação. **Trends in Psychology / Temas em Psicologia**, Vol. 22, nº 2, 377-387, 2014.
- COLLINS, K.; SHIFFMAN, D.; ROCK, J. How Are Scientists Using Social Media in the Workplace?. In: **PloS one**, v. 11, n. 10, 2016.
- CONDE, R. N. C.; FARIAS FILHO, M. C. ; Relações informais influenciadas pela estrutura formal: uma análise de redes sociais de gestores. **Revista de Ciências da Administração**, v. 18, n. 46, p. 68, 2016.
- CULNAN, M. J.; MCHUGH, P. J.; ZUBILLAGA, J. I. **How Large U.S. Companies can use Twitter and other social media to gain business value.** MIS Quarterly Executive, v. 9, n. 4, p. 243-259, 2010.
- DIERCKSEN, M.; DIPLACIDO, M.; HARVEY, D. M.; BOSCO, S. M. 2013. **Generational Differences in Use of Social Media in Today's Workplace.** Psychology Research, 3 (12): 762-771.
- DIMICCO, J.; MILLEN, D. R.; GEYER, W.; DUGAN, C.; BROWNHOLTZ, B.; MULLER, M. Motivations for social networking at work. In: **Proceedings of the 2008 ACM conference on Computer supported cooperative work.** ACM, p. 711-720, 2008.
- FERREIRA, P.; LUZ, C.; MACIEL, I. As redes sociais como fonte de informação: uso do WhatsApp como ferramenta de apuração da notícia. **Intercom**, v. 44, 2015.

FREEMAN, L. Centrality in Social Networks: Conceptual Clarification. **Social Networks**, v.1, 1979.

GOVERNO FEDERAL, Ministério da Transparência e Controladoria-Geral da União. **Portal da Transparência**: Servidores Cíveis e Militares do Poder Executivo Federal. 2018. Acesso em Janeiro de 2017. Disponível em: <http://www.portaltransparencia.gov.br/servidores/Servidor-ListaServidores.asp>.

GRANOVETTER, M.; CASTILLA, E.; HWANG, H. GRANOVETTER, E. **Social networks in Silicon Valley**. In: LEE, C. M.; MILLER, W. F.; HANCOCK, M. G.; ROWEN, H. S. (Eds.). *The Silicon Valley Edge*. Stanford: Stanford University Press, 2000. p. 218-247.

KING, A. L. S.; NARDI, A. E.; CARDOSO, A. **Nomofobia**: Dependência do computador, internet, redes sociais? Dependência do telefone celular? O impacto das novas tecnologias no cotidiano dos indivíduos. Aspectos: Clínico, Cognitivo-Comportamental, Social e Ambiental. 1ª Ed. São Paulo: Atheneu Editora, 2014.

LEFTHERIOTIS, I.; GIANNAKOS, M. N. Using social media for work: Losing your time or improving your work?. In: **Computers in Human Behavior**, v. 31, p. 134-142, 2014.

MANDELLI, P. **Muito Além da Hierarquia**: Revolucionando sua Performance como Gestor de Pessoas. São Paulo: Gente, 2010. 1ª

MATIAS-PEREIRA, J. **Manual de Metodologia da Pesquisa Científica**. 3ª Ed. São Paulo: Atlas, 2012.

NELSON, R. **O uso da Análise de Redes Sociais no estudo das estruturas organizacionais**. Revista de Administração de Empresas, v.24, n.4, p.150-157, 1984.

NEWMAN, M. E. J. **Networks**: An Introduction. Oxford University Press, New York, 2010.

NOHRIA, N., ECCLES, R. **Face-to-face**: making network organizations work. In: NOHRIA, N., ECCLES, R. *Networks and organizations: structure, form and action*. Boston: Harvard Business School Press, 1992.

PINOCHET, L. H. C. **Tecnologia da Informação e Comunicação**. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

RECUERO, R.; BASTOS, M.; ZAGO, G. **Análise de Redes para Mídia Social**. Porto Alegre: Sulina, 2015.

RHEINGOLD, H. **A Comunidade Virtual**. Lisboa: Gradiva, 1996.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa Social: Métodos e Técnicas**. 3ª Ed. São Paulo: Atlas, 2012.

RINKER, C.M.R.; BESSI, V. G. **A utilização de redes sociais no ambiente de trabalho**: visão de gestores e usuários. XXXIX Encontro da ANPAD. Belo Horizonte, 2015.

RUSHKOFF, D. **As 10 questões essenciais da era digital**: programe seu futuro para não ser programado por ele. São Paulo: 2012.

RYSSEL, R.; RITTER, T.; GEMÜNDEN, H. G. **The impact of information technology deployment on trust, commitment and value creation in business relationships**. Journal of Business & Industrial Marketing, v. 19, n. 3, p. 197-207, 2004.

SABIDUSSI, G. The centrality index of a graph. **Psychometrika**, v.31, n. 4, 1966.  
SANTOS, A. C. B.; RODRIGUES, M. C. A.; MELO, W. C. C. **O trabalho mediado por tecnologias da informação e comunicação**: uso corporativo do aplicativo WhatsApp. EnADI, 2017.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 23. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

SHAW, M. E. Communication networks. **Advances in experimental social psychology**. Academic Press, v. 1, 1964.

SHIMAZAKI, V. K; PINTO, M. **A Influência das Redes Sociais na Rotina dos Seres Humanos**, Fasci-Tech – Periódico Eletrônico da FATEC-São Caetano do Sul, São Caetano do Sul, v. 1, n. 5, Out/Dez, 2011.

SODA, G.; ZAHEER, A. A Network Perspective on Organizational Architecture: Performance Effects of the Interplay of Formal and Informal Organization. **Strategic Management Journal**, v. 33, n. 6, p. 751-771, 2012.

SOUZA, Q. R.; QUANDT, C. O. Metodologia de Análise de Redes Sociais. In: DUARTE, F.; QUANDT, C.; SOUZA, Q. (Org.). **O Tempo das Redes**. São Paulo: Perspectiva, 2008. Tratamento. Porto Alegre, RS: Artme, 2011.

TURBAN, E.; BOLLOJU, N.; LIANG, T. P. **Enterprise social networking opportunities, adoption, and risk mitigation**. Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce, 21, 202–220, 2011.

TURBAN, E.; LEIDNER, D.; MCLEAN, E. WETHERBE, J.; **Tecnologia da informação para gestão: transformando os negócios na economia digital**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

VISENTINI, M.; BOBSIN, D.; CHAGAS, F. **Redes Sociais Virtuais sob o Prisma Acadêmico Brasileiro**: um Levantamento Bibliográfico dos Últimos 10 Anos. V EnADI, 2015.

WASSERMAN, S.; FAUST, K. **Social Network Analysis: Methods and Applications**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.

YOUNG, K. S.; ABREU, C. N. **Dependência de Internet**: Manual e Guia de Avaliação e ZANCAN, C.; SANTOS, P. C. F.; CAMPOS, V. O. As Contribuições Teóricas da Análise de

Redes Sociais (ARS) aos Estudos Organizacionais. **Revista Alcance Eletrônica**. Vol. 19, n.1,p. 62-82, jan/mar, 2012.

Agência Brasileira ISBN  
ISBN: 978-65-84610-05-7