

VOLUME III

TÓPICOS EM CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Frederico Celestino Barbosa

Tópicos em ciências exatas e da Terra

3ª ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

3ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Barbosa, Frederico Celestino
B238T Tópicos em ciências exatas e da Terra

/ Frederico Celestino Barbosa. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2021

113 f.: il

DOI: 10.37423/2021.edcl330

ISBN: 978-65-89955-71-9

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. matemática 2. física 3. química 4. geociências 5. ciência-da-computação I. Barbosa, Frederico Celestino II. Título

CDU: 30

<https://doi.org/10.37423/2021.edcl330>

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

Dr. João Luís Ribeiro Ulhôa

Dra. Eyde Cristianne Saraiva-Bonatto

Dr. Anderson Reis de Sousa

MSc. Frederico Celestino Barbosa

MSc. Carlos Eduardo de Oliveira Gontijo

MSc. Plínio Ferreira Pires

Editora Conhecimento Livre

Piracanjuba-GO

2021

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	6
AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE NOS SOLOS DA TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA DOS ÍNDIOS ASSURINI	
Davis Castro dos Santos	
Rayara do Socorro Souza da Silva	
Marcondes Lima da Costa	
Fabíola Andréa Silva	
DOI 10.37423/210804686	
CAPÍTULO 2	14
CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE SGBD NOSQL: O PONTO DE VISTA DE ESPECIALISTAS COM BASE NA LITERATURA	
Alexandre Morais de Souza	
Edmir Parada Vasques Prado	
Violeta Sun	
Marcelo Fantinato	
DOI 10.37423/210904697	
CAPÍTULO 3	31
A CONSERVAÇÃO E A PROMOÇÃO DA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL	
Marília Gabriela Bieluczyk Bilibio	
Claudia Felin Cerutti Kuhnen	
DOI 10.37423/210904698	
CAPÍTULO 4	43
PROPRIEDADES QUÍMICA E ANTIOXIDANTE DO EXTRATO ETANÓLICO DA CASCA DO CAULE DE XIMENIA AMERICANA LINNAEUS	
Thayane Melo de Queiroz	
Beatriz da Silva Batista	
Ana Raquel Araújo da Silva	
Fernando José Figueiredo Agostinho D'Abreu Mendes	
Ana Angélica Mathias Macêdo	
DOI 10.37423/210904703	

CAPÍTULO 5	56
DESENVOLVIMENTO DE UMA IRRIGAÇÃO CONTROLADA POR IOT NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE UVAS	
Brendo Junior Pereira Farias	
João Victor Inácio dos Santos	
José Walber Farias Gouveia	
Diego Gomes de Sousa	
Agenor Correia de Lima Júnior	
Rômulo Augusto Ventura Silva	
Ely Felix de Sá Carneiro	
Tiago Gonçalves Pereira Araújo	
Levi Wallace Sousa de Lima	
Ana Cristina Chacon Lisboa	
DOI 10.37423/210904705	
CAPÍTULO 6	62
AÇÃO INIBIDORA DO EXTRATO DE NONI (MORINDA CITROFILIA) EM PROCESSOS CORROSIVOS DE AÇOS CARBONO EM MEIO ÁCIDO	
ANTONIA DANIELE SOUZA BRUNO COSTA	
Ciro Araújo Farias	
Rodrigo Carvalho Souza Costa	
Francisco Eudásio Ferreira Batista	
DOI 10.37423/210904710	
CAPÍTULO 7	75
AÇUDE DE LUCRÉCIA/RN: VULNERABILIDADES E ESCASSEZ	
José Weniston Dias	
Rômulo Wilker Neri de Andrade	
DOI 10.37423/210904711	
CAPÍTULO 8	88
CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DOS SOLOS EM FREDERICO WESTPHALEN	
WILLIAM WIDMAR CADORE	
MARIANA BANDIEIRA	
DOI 10.37423/210904712	
CAPÍTULO 9	100
ESTUDO DE CASO DE UMA CESSÃO DE CAMPO DE ÓLEO E GÁS NATURAL: UMA APLICAÇÃO DA TEORIA DE OPÇÕES REAIS	
Tuany Esthefany Barcellos de Carvalho Silva	
Daiane Rodrigues dos Santos	
Fernanda Silva Nucci	
DOI 10.37423/210904725	

Capítulo 1



10.37423/210804686

AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE NOS SOLOS DA TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA DOS ÍNDIOS ASSURINI

Davis Castro dos Santos

*Grupo de Mineralogia e Geoquímica
Aplicada-IG-UFGA, PNP/PPGG*

Rayara do Socorro Souza da Silva

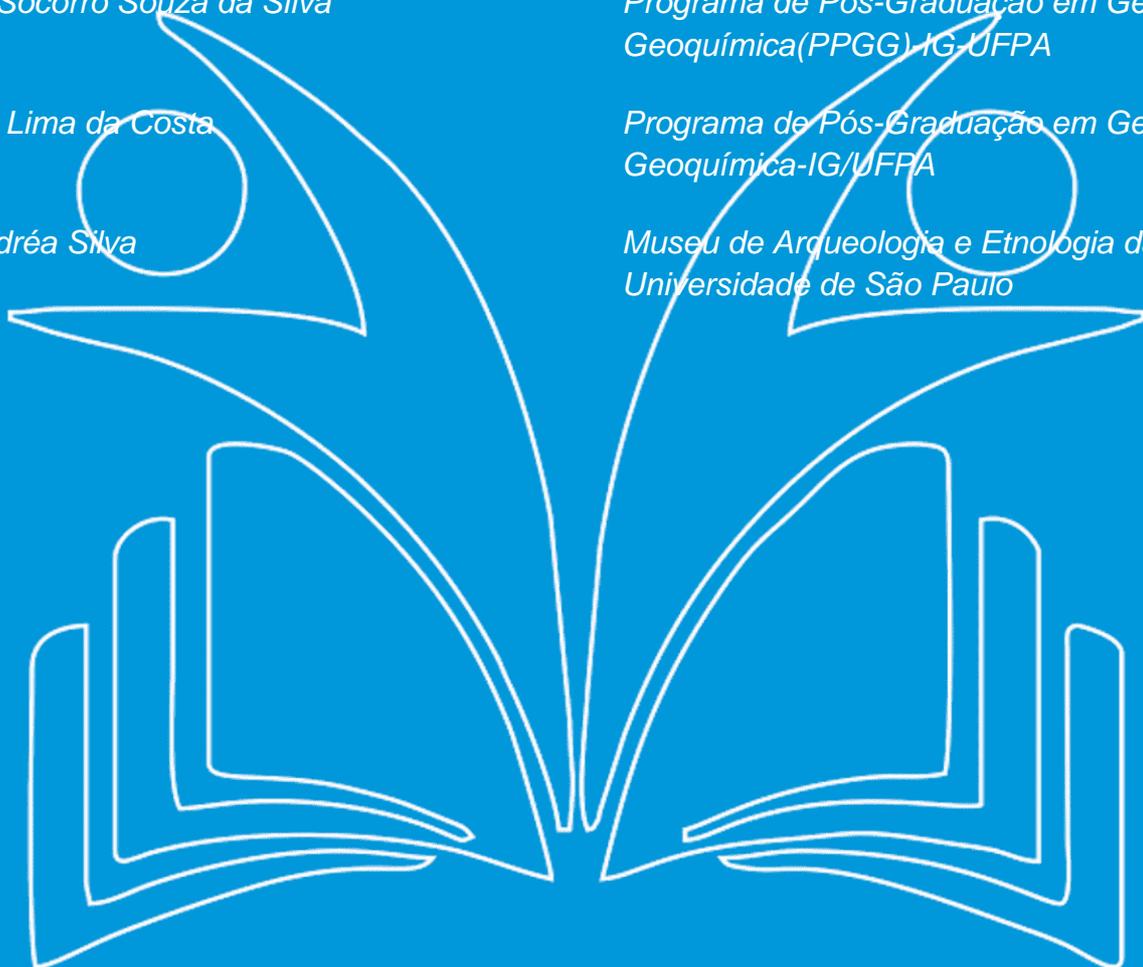
*Programa de Pós-Graduação em Geologia e
Geoquímica(PPGG)-IG-UFGA*

Marcondes Lima da Costa

*Programa de Pós-Graduação em Geologia e
Geoquímica-IG/UFGA*

Fabíola Andréa Silva

*Museu de Arqueologia e Etnologia da
Universidade de São Paulo*



INTRODUÇÃO

Os solos modificados pelo homem estão presentes na região Amazônica no Brasil e países vizinhos desde a era pré-colombiana. Entre estes solos se destacam os denominados de Terra Preta Arqueológica (TPA) que são investigadas desde meados do século XIX (Dunn 1866). Análises químicas de solos antrópicos têm sido empregadas para sua caracterização química, genética e de sua fertilidade em diversos sítios na Europa (Fermo *et al.* 2008). Na Amazônia, estudos semelhantes foram desenvolvidos por Costa *et al.* (2011, 2012) e Lemos *et al.* (2011), visando esses objetivos e também para verificar a real contribuição de artefatos neles contidos, como os fragmentos cerâmicos.

Segundo Hecht (2003) que pesquisou solos de uma aldeia Kayapó com menos de 30 anos de assentamento constatou concentrações de P de 3mg/kg no solo em geral, mas na área de quintal onde são depositados resíduos domésticos e na área de cozinha os valores de P foram muito mais elevados, 111mg/kg. A dependência dos teores de fósforo com os diferentes compartimentos do sítio foi observada por Kern (1996) em sítios TPA da Amazônia.

Diante de uma amostragem detalhada de solos recentes nos assentamentos dos índios Assurini Xingu, município de Altamira (PA), realizada por Fabíola Andréa Silva, o presente estudo avaliou o grau de fertilidade dos solos destes assentamentos, que apresentam características gerais de campo equivalentes as Terra Preta Arqueológica.

MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras de solo tipo TPA foram coletadas na área da aldeia dos índios Assurini, em Altamira pela professora Fabíola Silva. São 13 amostras, distribuídas nos sítios Yvytyrapytera, Kwatinemo Velho, Tapiriri e Tapytiuú, que após a descrição mesoscópica, foram peneiradas, pulverizadas e submetidas a análises físico-química (pH em água, razão amostra: água 1:2,5), P-disponível/Remanescente, Na⁺, K⁺ (Extrator Mehlich 1), Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺ (Extrator KCl 1 mol/L); H+Al (Extrator de Acetato de Cálcio 0,5M - pH 7,0). SB (Soma de Bases Trocáveis), m (Índice de Saturação por Alumínio) e t (Capacidade de Troca Catiônica); então foi calculado V (Índice de Saturação por Bases). As análises foram realizadas nos laboratórios do LAMIGA Instituto de Geociências-UFGA e no laboratório de solos da Universidade Federal de Viçosa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os solos tipo TPA da aldeia dos Assurini apresentam pH de 5,0-6,0, (sítios Yvytyrapytera, pH 5,54, no nível 5), Kwatinemo Velho, 5,84, no nível 3, Tapiriri, pH 4,58 e Tapytiuú pH 5,55), que sugere preliminarmente aptidão agrícola segundo a classificação de Cardoso *et al.* (2009), em parte comparável com outros estudos realizados em solos TPA na Amazônia (Costa 2011, 2012). Já as demais unidades deste sítio apresentam valores de $\text{pH} < 5,4$ ou $\text{pH} > 6,1$, classificando-os como inadequados do ponto de vista agronômico.

Os valores mais elevados de K trocável foram encontrados na unidade 5 do sítio Yvytyrapytera (191 mg/dm^3), superiores aos valores médios encontrados por Silva (2012) do sítio da Mata no Maranhão ($129,03 \text{ mg/dm}^3$) e Santarém (15 mg/dm^3). Provavelmente o K^+ seja proveniente da decomposição dos feldspatos-K e micas presentes nos fragmentos cerâmicos contidos nestes sítios (Silva 2010, 2012) e já demonstrados por Kern & Kampf (1989), Costa *et al.* (2011, 2012) e Valente & Costa (2017).

As maiores concentrações de cálcio foram encontradas na unidade 2 do sítio Yvytyrapytera ($18,60 \text{ cmol/dm}^3$), no nível 4 do sítio Kwatinemo Velho ($12,04 \text{ cmol/dm}^3$), sendo considerados muitos bons segundo a classificação de Cardoso *et al.* (2009). Já nos sítios Tapiriri e Tapytiuú, em que os fragmentos foram coletados na superfície do terreno, foram encontrados valores de $4,78$ e $6,98 \text{ cmol/dm}^3$, respectivamente. Estes dois últimos valores são mais elevados quando confrontados a outros sítios TPA, mencionados por Silva (2013) no Cachorro Cego ($3,32 \text{ cmol/dm}^3$), por Silva (2013) nos sítios Onça Puma 3 ($6,7 \text{ cmol/dm}^3$) e Bom Jesus ($3,71 \text{ cmol/dm}^3$). Os altos valores de cálcio trocável refletem em grande parte os resíduos de ossos e excrementos na área dos assentamentos.

A maioria das amostras apresentaram valores de acidez disponível considerados bons segundo a classificação de Cardoso *et al.* (2009), exceto unidade 2, cuja valo de acidez disponível foi de $1,9 \text{ cmolc/dm}^3$, sendo considerado baixo, o que pode estar relacionado ao pH ligeiramente ácido no topo do perfil.

A saturação por alumínio (m) e os teores Al^{3+} apresentam valores nulos nos sítios Yvytyrapytera, Kwatinemo Velho, Tapiriri e Tapytiuú. Corrêa (2007) encontrou os mesmos índices nulos para alumínio nos sambaquis do Rio de Janeiro, explicando-os pela tendência alcalina do pH atuando como complexante do Al^{3+} , restringindo sua atividade.

Para Cardoso *et al.* (2009) os valores da soma de bases (SB) e os valores da capacidade de troca catiônica efetiva (t) permitem classificar os solos dos sítios Yvytyrapytera, Kwatinemo Velho, Tapiriri e

Tapytiuú como sendo bons na maioria dos níveis e unidades. Os altos valores de SB correspondem aos teores de cálcio e magnésio disponíveis, marcando a contribuição de resíduos ósseos, excrementos, para a fertilidade do solo, estando nas formas disponíveis nos níveis onde os valores de pH são mais baixos.

Todos as camadas dos sítios Yvytyrapytera, Kwatinemo Velho, Tapiriri e Tapytiuú apresentaram capacidade de troca catiônica (CTC) a pH 7 considerados muito bons. Alvarez (1999) atribui boa fertilidade aos solos férteis quando os valores de CTC a pH 7 são acima de 7.

O Mg disponível apresenta maior concentração no nível 2 do sitio Kwatinemo Velho (2,04 cmolc/dm³) e diminui com a profundidade dos níveis (Tabela 1). Estes valores classificam esses solos como bons agronomicamente (Alvarez 1999). Os valores médios de Mg trocáveis apresentados neste estudo (1,35 cmol/dm³) foram superiores ao observados por Silva (2012) do sítio da Mata (0,46 cmol/dm³). O Mg pode ser proveniente da decomposição das folhas de palmeiras usadas na cobertura de habitações, que são renovadas periodicamente (Kern & Kampf 1989).

Os valores dos índices de saturação por bases (valor V), dos sítios Yvytyrapytera, Kwatinemo Velho, Tapiriri e Tapytiuú classificam os solos estudados como estróficos, acima de 50%, ou seja, fértil. (Tabela 1). Os teores de P disponíveis apresentaram variações de 48,9 mg/dm³ a 230,5 mg/dm³, portanto são solos muito bons. (Tabela 1). Esses valores apresentaram-se superiores aos teores observados por Silva (2013), no sítio Onça Puma 3 (49,45 mg/dm³). Lima et al. (2002), atribuiu o elevado teor de P nas TPA, à incorporação de resíduos (ossos de animais ou mesmo de seres humanos), espinhas de peixes e carapaças de quelônios, salientando a contribuição antrópica para a maior parte P encontrado nos solos.

Segundo a classificação de Cardoso *et al.* (2009), todas as amostras contidas nos sítios Yvytyrapytera, Kwatinemo Velho destacam-se com maior capacidade de adsorver fósforo que as demais (Tabela 1). Os valores de P-Rem (fósforo remanescente) inferiores a 20 mg/L indicam que a amostra possui alta capacidade de adsorver fósforo. Rodrigues *et al.* (2015) afirma que, para além do P disponível extraído pelo Mellich-1, os dados de P-Rem podem ser utilizados para avaliar a capacidade de disponibilização do P para o ambiente.

Tabela 1- Parâmetros de Fertilidade do solos de terra preta Arqueológica

	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	CTC	V	M	P-rem
	H ₂ O	mg/dm ³		cmol _c /dm ³						%		mg/L	
1	6,06	230,5	149	11,41	1,37	0,00	4,7	13,16	13,16	17,86	73,7	0,00	23,6
2	6,54	205,6	179	18,60	1,35	0,00	1,9	20,41	20,41	22,31	91,5	0,00	28,6
3	6,07	113,0	117	8,37	0,73	0,00	3,5	9,40	9,40	12,90	72,9	0,00	27,0
4	6,03	59,0	118	6,69	0,41	0,00	3,4	7,40	7,40	10,80	68,5	0,00	26,8
5	5,45	91,8	191	7,99	0,84	0,00	4,8	9,32	9,32	14,12	66,0	0,00	21,9
6	6,14	75,0	161	12,58	1,49	0,00	4,7	14,48	14,48	19,18	75,5	0,00	28,3
7	6,45	114,2	172	11,98	0,93	0,00	4,0	13,35	13,35	17,35	76,9	0,00	29,1
8	6,00	165,9	157	11,34	1,79	0,00	7,1	13,53	13,53	20,63	65,6	0,00	23,2
9	6,06	116,5	122	11,31	2,04	0,00	7,2	13,66	13,66	20,86	65,5	0,00	25,3
10	5,84	217,0	176	11,03	1,18	0,00	6,3	12,66	12,66	18,96	66,8	0,00	22,2
11	6,31	48,9	173	12,04	1,12	0,00	5,5	13,60	13,60	19,10	71,2	0,00	28,1
12	4,58	26,9	127	4,78	1,06	0,00	5,2	6,17	6,17	11,37	54,3	0,00	35,9
13	5,55	170,0	82	6,98	0,87	0,00	4,3	8,06	8,06	12,36	65,2	0,00	34,1
Da mata*	5,58	8,6	8,4	1,68	0,45	0,08	3,3	2,15	2,23	5,45	39,8	3,48	1,21
Santarém**	5,70	155,5	15	4,51	0,32	0,06	5,14	4,85	4,93	10,00	49,84	1,4	-

Código 1-7: Sitio Yvytyrapytera nas unidades de 1-7; Código 8-11: Sitio Kwatinemo Velho nos níveis 1-4; Código 12: Tapiriri (coleta na superfície); Código 13 Tapytiuú (coleta na superfície); H+Al (Acidez disponível); SB – Soma de Bases; t – capacidade de troca catiônica efetiva; CTC – capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V – índice de saturação de bases; m – índice de saturação de alumínio (%); (*)Valores médios encontrados por Silva (2012) em Santarém-PA ; (**)Valores médios encontrados por Silva (2012) no Maranhão.

CONCLUSÃO

Os solos dos sítios Assurini se apresentaram com fertilidade variando de média a muito boa, com concentrações significativas de nutrientes e micronutrientes (P, Ca, Mg e K) que podem refletir a contribuição de resto de alimentos vegetal e animal, resíduos de construção (vegetais principalmente), excrementos, observados por Kern & Kamph (1989), Kern (1996), Madari et al. (2010), Silva (2010, 2012), Costa (2011, 2012) e Valente & Costa (2017).

AGRADECIMENTOS

Essa pesquisa teve o apoio financeiro da Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES), através de bolsa de Pós-Doutorado e o CNPQ pela concessão de bolsa de Produtividade de Pesquisa e taxa de bancada (Proc. 305015/16-8 a Costa, ML).

REFERÊNCIA

- Alvarez V. V. H., Novais R.F., Barros N. F., Cantarutti R. B., Lopes A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: Ribeiro, A. C., Guimaraes P.T.G., Alvarez V. V. H. (Ed.). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação*. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.
- Cardoso E. L., Fernandes A. H. B. M., Fernandes F. A. Análise de solos: finalidade e procedimentos de amostragem. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2009. 5 p. (Embrapa Pantanal. Comunicado Técnico, 79. Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/download.php?arq_pdf=COT79>. Acesso em: 12 Março.2017.
- Costa M.L., Rios G.M., Silva M.M.C., Silva G.J., Valdes U.M. 2011. Mineralogy and Chemistry of Archaeological Ceramic Fragments from Archaeological Dark Earth Site in Colombian Amazon. *Revista da Escola de Minas*, 64 (1): 17-23.
- Costa M. L., Rodrigues S.F.S., Silva G. J., Pollmann H. 2012. Crandallite Formation in Archaeological Potteries Found in the Amazonian Dark Earth Soils. In: Broekmans, M.A.T.M. (eds.). *Proceedings of the 10th International Congress for Applied Mineralogy (ICAM)*. 10th International Congress for Applied Mineralogy. Themdereum, p.137-144.
- Corrêa, G. R. Caracterização pedológica de arqueo-antropossolos no Brasil:sambaquis da Região dos Lagos (RJ) e terras pretas do índio na região do baixo rio Negro/Solimões. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2007. 115p. (Dissertação de Mestrado).
- Dunn B. S. *Brazil: The Home for Southerners: or, a practical account of what the author, and others, who visited that country, for the same objects, saw and did while in that empire*. Stanford U., New Orleans, 272p., 1866.
- Fermo P., Delnevo E., Lasagni M., Polla S., Vos M. 2008. Application of chemical and chemometric analytical techniques to the study of ancient ceramics from Dougga (Tunisia). *Microchemical Journal*, 88: 150.
- Hecht S.B. 2003. Indigenous soil management and the creation of Amazonian Dark Earths: Implications of Kayapo practices. In: Lehmann J., Kern, D.C., Glaser, B. & Woods, W.I. *Amazonian Dark Earths. Origin, properties and management*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht,: 355-372.
- Kern D.C. & Kämpf, N. 1989. O Efeito de Antigos Assentamentos Indígenas na Formação de Solos com Terra Preta Arqueológica na Região de Oriximiná-Pa. *Rev. Bras. Ci. Solo*, Campinas, 13:219-25.
- Kern D. C. 1996. Geoquímica e pedogeoquímica de sítios arqueológicos com terra preta na floresta nacional de Caxiuanã (Portel-Pa). Tese de Doutorado. Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará Belém,124p.
- Lemos V.P., Gurjão R.S., Costa M.L. 2011. Nutrients in Amazonian Black Earth from Caxiuanã region. *Journal of The Brazilian Chemical Society*, 1: 1-5.
- Lima H. N. 2002. Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazonia Ocidental. (Tese de Doutorado). Viçosa, Universidade Federal de Viçosa.

Rodrigues, S. F. S., Costa, M. L., Pöllmann, H., Kern, D. C. 2015. Pre-historic production of ceramics in the Amazon: Provenience, raw materials, and firing temperatures. *Applied Clay Science*, 107:145-155.

Silva G.J.S. 2010. Mineralogia química e avaliação da fertilidade potencial de fragmentos cerâmicos de: Caxiuanã Juruti Barcarena e Quebrada Tacana. MS Dissertation, Universidade Federal do Pará, Belém, 107p.

Silva U.S. 2012. Contrastes químicos mineralógicos e de fertilidade entre solos tipo Terra Preta Arqueológica: sítio Da Mata no limite oriental da Amazônia e sítio Porto Santarém no baixo Amazonas. MS Dissertation, Universidade Federal do Pará, Belém, 60 p.

Silva M.M.C. 2013. Mineralogia e química de solo e fragmentos cerâmicos de sítios arqueológicos em Salobo Carajás. MS Dissertation, Universidade Federal do Pará, Belém, 57p.

Valente, G.J.S.S, Costa, M.L. 2017. Fertility and desorption capacity of Anthrosols (Archaeological Dark Earth - ADE) in the Amazon: The role of the ceramic fragments (sherds) *Applied Clay Science*, 138 131–138.

Capítulo 2



10.37423/210904697

CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE SGBD NOSQL: O PUNTO DE VISTA DE ESPECIALISTAS COM BASE NA LITERATURA

Alexandre Morais de Souza

Universidade de São Paulo

Edmir Parada Vasques Prado

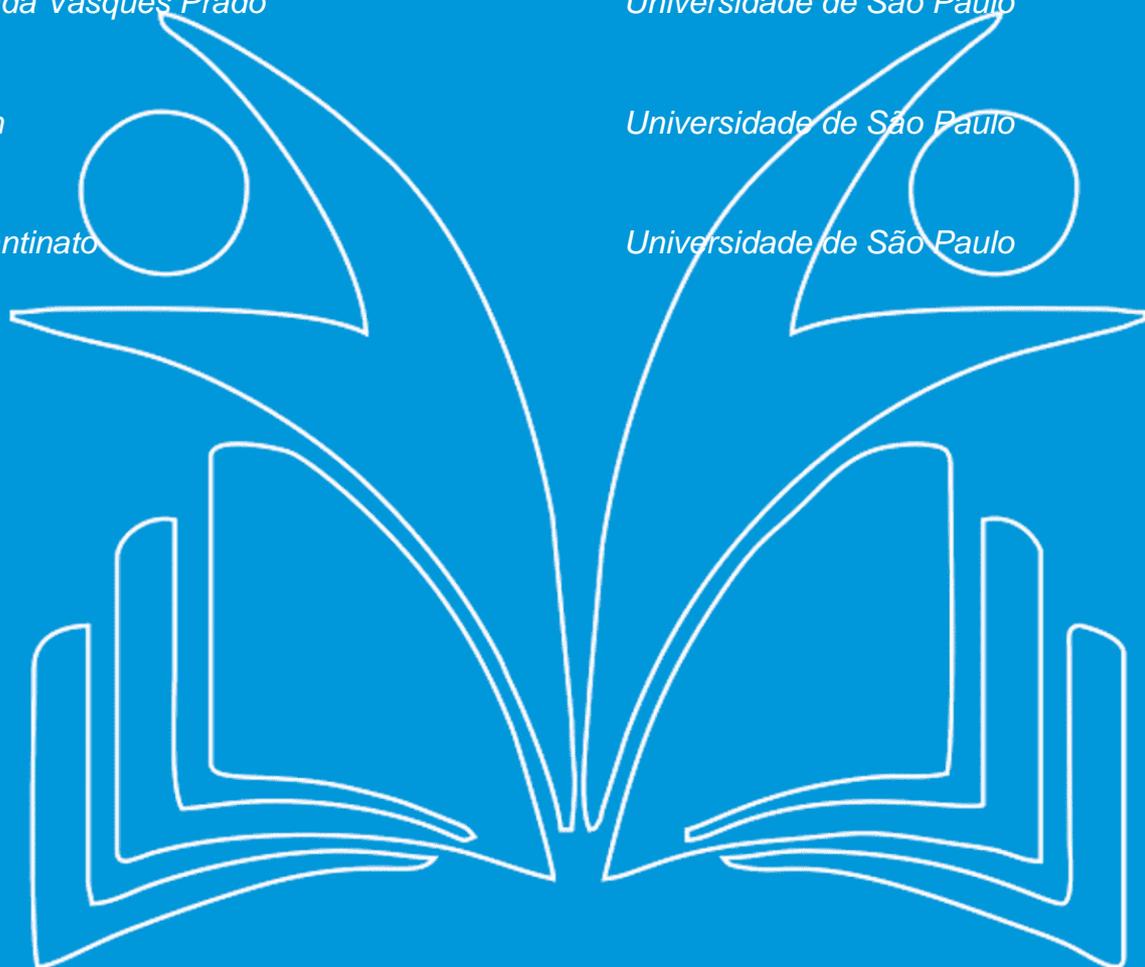
Universidade de São Paulo

Violeta Sun

Universidade de São Paulo

Marcelo Fantinato

Universidade de São Paulo



Resumo. *O tema do Big Data cresceu em importante no contexto das aplicações web e como consequência surgiram os SGBDs NoSQL com o objetivo de obter ganhos de desempenho e escalabilidade. Dentro desse contexto, esta pesquisa teve como objetivo identificar os principais critérios para seleção de um SGBD NoSQL em organizações privadas. A pesquisa identificou na literatura os principais critérios de seleção de SGBDs NoSQL e os verificou junto a um grupo de 32 especialistas no tema. Como resultado, foram identificados 22 critérios que devem ser observados pelas organizações em seus processos de seleção.*

1. INTRODUÇÃO

O grande volume de dados gerado por aplicações *web*, juntamente com requisitos diferenciados como a escalabilidade e o elevado grau de disponibilidade, têm contribuído para o surgimento de novos modelos e tecnologias com relação aos SGBDs (Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados). As redes sociais, por exemplo, requerem o gerenciamento de grandes quantidades de dados não estruturados que são gerados diariamente por milhões de usuários.

Neste ambiente de crescente demanda por volume de dados e desempenho, surge um novo modelo de SGBD, chamado NoSQL, ou seja, não apenas SQL (Linguagem de Consulta Estruturada). Este novo modelo foi proposto com o objetivo de atender ao gerenciamento de grandes volumes de dados semiestruturados ou não estruturados, que necessitam de alta disponibilidade e escalabilidade [Lóscio *et al.* 2011]. A necessidade de um novo conceito em banco de dados surgiu como consequência da ineficiência de SGBDs relacionais em lidar com o atual volume de informações das aplicações *web*. Os SGBDs relacionais foram propostos na década de 70, quando as aplicações lidavam apenas com dados estruturados, ou seja, dados que possuem uma estrutura fixa e bem definida. Além disso, o volume de dados gerado por tais aplicações é muito menor do que o volume gerado pelas aplicações *web* atuais.

Surgem então diferentes tipos de SGBDs NoSQL, com diferentes abordagens, mas possuindo a semelhança de serem não relacionais. Eles possuem esta denominação, pois armazenam os dados de forma não estruturada e não exigem esquemas fixos como os SGBD relacionais, onde em muitos casos não oferecem apoio a operações de junção como no modelo relacional [Leavitt 2010].

A motivação deste trabalho se deve aos poucos estudos relacionados com processos de seleção de SGBDs NoSQL. Esta pesquisa tem a finalidade de ajudar a preencher essa lacuna. Dentro desse contexto, esta pesquisa tem como objetivo geral identificar os principais critérios que devem ser usados para seleção de um SGBD NoSQL em organizações privadas. Para consecução desse objetivo geral foram identificados dois objetivos específicos: (1) identificar na literatura os critérios de seleção de SGBDs; e (2) consolidar esses critérios junto a especialistas em SGBDs NoSQL.

2. SGBDS NOSQL

Os SGBDs NoSQL não fazem uso da álgebra relacional e nem possuem linguagem de consulta nativa SQL, o que torna mais complexa a atividade de desenvolvimento. Normalmente os SGBDs NoSQL possuem estrutura simplificada, sem estrutura de relacionamentos, com suporte natural a replicação.

São também conhecidos como banco de dados escaláveis e direcionados para aplicações *web*, devido sua característica inerente de ter bom desempenho com grande volume de dados.

Os SGBDs NoSQL apresentam algumas características fundamentais que os diferenciam dos tradicionais SGBDs relacionais, tornando-os adequados para armazenamento de grandes volumes de dados não estruturados ou semiestruturados. Segundo Lóscio *et al.* (2011), é possível descrever algumas destas características abaixo:

a) Escalabilidade horizontal. A ausência de controle de bloqueios é uma característica dos SGBDs NoSQL torna esta tecnologia adequada para solucionar problemas de gerenciamento de volumes de dados que crescem exponencialmente, como os dados da *web 2.0*.

b) Ausência de esquema ou esquema flexível. Uma característica evidente dos SGBDs NoSQL é a ausência completa ou quase total do esquema que define a estrutura dos dados modelados. Esta ausência facilita tanto a escalabilidade quanto contribui para um maior aumento da disponibilidade. Em contrapartida, não há garantias da integridade dos dados, o que ocorre nos bancos de dados relacionais, devido à sua estrutura rígida.

c) Permite replicação de forma nativa. Diminui o tempo gasto para recuperar informações. Existem duas abordagens principais para replicação: *Master-Slave* (Mestre-Escravo) e *Multi-Master*.

d) Consistência eventual. A consistência nem sempre é mantida entre os diversos pontos de distribuição de dados. Esta característica tem como princípio o teorema CAP (*Consistency, Availability and Partition Tolerance*), que diz que, em um dado momento, só é possível garantir duas de três propriedades entre consistência, disponibilidade e tolerância à partição [Ye e Li 2011].

Lóscio *et al.* (2011) classificaram os principais tipos de modelos de dados NoSQL em: chave-valor, orientado a colunas, orientado a documentos e orientado a grafos. Para esses autores um determinado modelo não deve ser considerado melhor que o outro, pois cada modelo é mais adequado para determinados contextos das aplicações.

2.1. CHAVE-VALOR

O modelo chave-valor (*key-value*) é considerado simples e permite a visualização do banco de dados como uma grande tabela *hash*, que é uma estrutura de dados especial que associa chaves de pesquisa a valores. De maneira bem simples, o banco de dados é composto por um conjunto de chaves, as quais estão associadas a um único valor.

Essa estrutura de dados é extremamente popular porque proporciona grande eficiência. Um par chave-valor é um valor único que pode ser facilmente utilizado para acessar os dados [Tiwari 2011]. Este modelo é de fácil implementação, permite que os dados sejam rapidamente acessados pela chave e contribui para aumentar a capacidade de acesso aos dados principalmente em sistemas que possuem alta escalabilidade.

Na Figura 1 há uma representação da estrutura chave-valor com um exemplo de aplicação para *e-commerce*. Este é um típico exemplo onde se pode combinar o uso do SGBD NoSQL orientado a chave-valor e o modelo relacional.

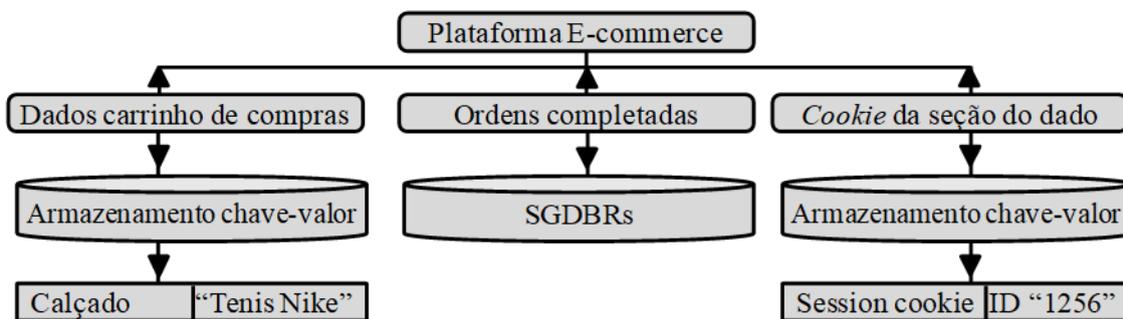


Figura 1. Banco de Dados NoSQL com abordagem Chave-Valor

Fonte: Adaptado de Sadalage, Fowler e River (2013)

2.2. ORIENTADO A COLUNAS

O modelo orientado a coluna é mais complexo que o modelo chave-valor [Pokorny 2011]. Neste modelo os dados são indexados por uma tripla (linha, coluna e *timestamp*), onde linhas e colunas são identificadas por chaves e o *timestamp* permite diferenciar múltiplas versões de um mesmo dado. Outro conceito associado ao modelo é o de família de colunas (*column family*), que é usado com o intuito de agrupar colunas que armazenam o mesmo tipo de dados.

Segundo Tiwari (2011), os bancos orientados a colunas são os mais populares entre os bancos não relacionais. Embora os bancos de dados orientados a colunas existem de diferentes formas há alguns anos, eles foram popularizados para a comunidade de desenvolvedores com as publicações de artigos do Google© [Ghemawat, Gobiuff e Leung 2003; Dean e Ghemawat 2008; Chang, Dean e Ghemawat 2008].

Apesar dos SGBDs orientados a colunas serem semelhantes ao modelo relacional, na verdade eles são completamente diferentes. Não se pode aplicar o mesmo tipo de solução utilizado na forma relacional

para um banco de dados orientado a colunas [Rahien 2010]. A Figura 2 apresenta um exemplo desse modelo.

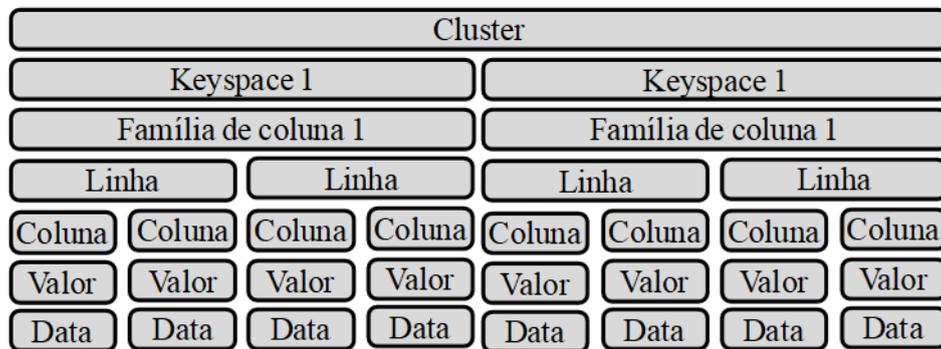


Figura 2. Modelo Família de Coluna

Fonte: Adaptado de Sadalage, Fowler e River (2013)

2.3. ORIENTADO A DOCUMENTOS

O modelo orientado a documentos armazena coleções de documentos. No modelo chave-valor apenas uma única tabela *hash* é criada para todo o banco. No modelo orientado a documentos existe um conjunto de documentos e em cada documento há um conjunto de campos (chaves) e o valor deste campo [Pokorny 2011].

As bases de dados orientados a documentos possuem o foco em resolver problemas causados por bancos de dados relacionais. Trata-se do esforço necessário para traduzir objetos de um SGBDR, o que se torna um empecilho para a produtividade do programador quando surge a necessidade de alterar alguma característica da modelagem de dados. Existem ferramentas, como Hibernate, para automatizar esse mapeamento, mas apenas resolvem parcialmente o problema. A modelagem de dados em bancos orientados a documentos são mais flexíveis quanto a alterações. Nos bancos relacionais qualquer tipo de alteração no modelo de dados é custoso, pois os programas precisam ser modificados e compilados em conjunto com a alteração do modelo. Em bases de dados maiores, alteração no modelo envolve na propagação de alterações em vários outros bancos compartilhados. Nas bases de dados orientados a documento, uma aplicação pode modificar a estrutura do documento quanto quiser sem impactos para aplicação, com o custo de riscos de inconsistências ou a existência de documentos obsoletos [Harrison 2010].

Na Figura 3 é apresentado o funcionamento da estrutura de *sharding*, onde os dados são divididos em vários *shards*, cada um contando com sua própria estrutura de replicação.

Numa base de dados orientada a documentos, o documento pode mapear quase que diretamente para linguagem de estrutura de classes. Isto faz com que a programação seja mais fácil, mas faz levantar questões de integridade de dados, uma vez que alguns itens de dados são quase inevitavelmente duplicados [Harrison 2010].

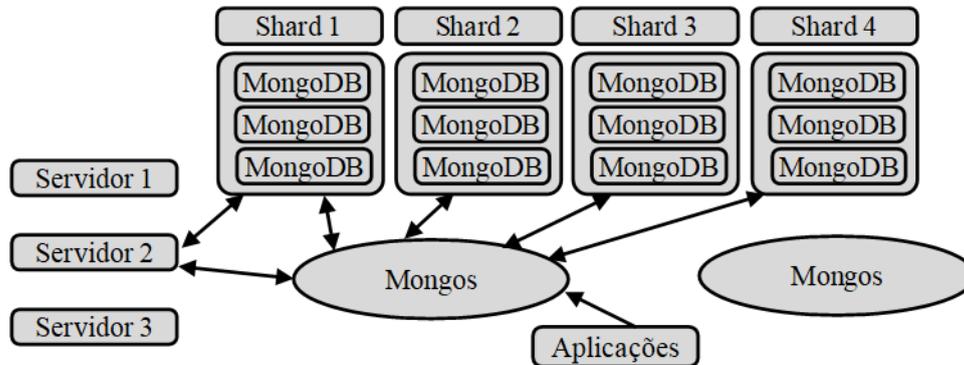


Figura 3. Estrutura de *Sharding*

Fonte: Adaptado de Tiwari (2011)

2.4. ORIENTADO A GRAFOS

O modelo orientado a grafos possui três componentes básicos: os nós (vértices do grafo), os relacionamentos (as arestas) e as propriedades dos nós e relacionamentos. Este modelo permite o armazenamento das entidades e dos relacionamentos entre as elas. Assim, pode-se armazenar o dado de uma forma e interpretá-lo de diferentes formas baseado no seu relacionamento. A Figura 4 ilustra um exemplo desse tipo de modelo.

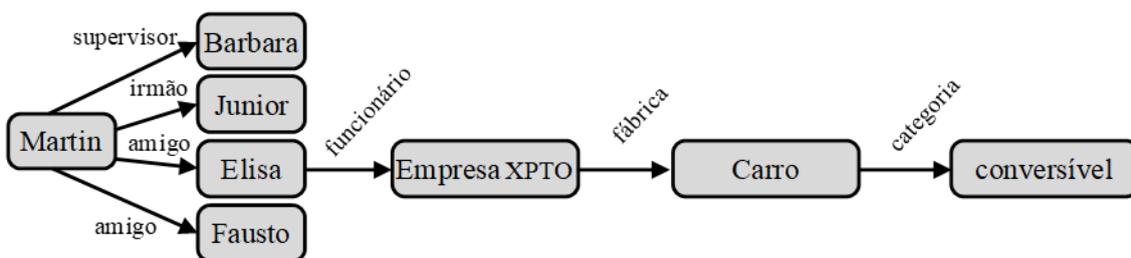


Figura 4. Banco de Dados NoSQL abordagem com Grafos

Fonte: Adaptado de Sadalage, Fowler e River (2013)

3. MÉTODO DA PESQUISA

3.1. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

Segundo Elmasri e Navathe (2005), a escolha de um SGBD é regida por vários critérios: alguns técnicos, outros econômicos e outros ainda ligados à política da organização. Os critérios técnicos se preocupam

com a conveniência do SGBD em relação à tarefa que se tem. Aspectos a considerar: o tipo de SGBD (relacional, NoSQL, objeto-relacional, objeto, hierárquico, entre outros), a estrutura de armazenamento e os caminhos de acesso que o SGBD suporta, as interfaces disponíveis para usuários e programadores, os tipos de linguagens de consulta de alto nível, a disponibilidade de ferramentas de desenvolvimento, a habilidade para conectar-se a outros SGBDs por meio de interfaces padrão, as opções arquitetônicas relacionadas a operações cliente-servidor e assim por diante. Critérios não técnicos incluem a situação financeira e a estrutura de suporte do fornecedor. No entanto deve-se também considerar outros fatores como: a forma de distribuição e comercialização, qualificação dos profissionais envolvidos, estrutura de treinamento da organização, cultura organizacional, recursos, infraestrutura etc.

O foco deste trabalho são os critérios de seleção de SGBDs NoSQL. Para o levantamento desses critérios foi realizada uma revisão sistemática da literatura.

3.2. REVISÃO SISTEMÁTICA

Os trabalhos científicos considerados na revisão sistemática envolvem projetos sobre SGBDs NoSQL, comparação entre SGBDs, e critérios de seleção de SGBDs. As fontes utilizadas foram consultadas em bases de dados que disponibilizam artigos completos da área de SI, com especial interesse na área de banco de dados.

As buscas foram realizadas utilizando máquinas de busca de editores ou bibliotecas digitais disponíveis. As bases de dados consultadas foram: (1) IEEE Digital Library (<http://ieeexplore.ieee.org/Xplore>); (2) ACM Digital Library (<http://portal.acm.org/>); (3) Portal de Periódicos da Cape (<http://novo.periodicos.capes.gov.br>); e (4) Scopus Database Literature (<http://www.scopus.com/>). Nessas bases de dados foram feitas pesquisas com as seguintes palavras-chave: NoSQL e *database*; NoSQL, *database* e DBMS; *Evaluate* e DBMS; e *Select* e DBMS. Foram considerados os artigos relacionados a SGBDs NoSQL publicados nos últimos cinco anos.

No total foram encontrados 38 documentos. Desses documentos, foram escolhidos 15 artigos para realização de leitura minuciosa e elaboração de resumos, pois traziam a temática de SGBDs NoSQL e tratavam sobre processo de seleção de SGBDs. Após a análise dos 15 artigos foram selecionados 12, conforme ilustra a Tabela 1.

Tema	Título	Autor
Artigos relacionados ao modelo de SGBDs NoSQL	<i>A comparison between several NoSQL databases with comments and notes</i>	[Tudorica e Bucur 2011]
	<i>A Survey of Large Scale Data Management Approaches in Cloud Environments</i>	[Sakr et al. 2011]
	<i>A Request Skew Aware Heterogeneous Distributed Storage System Based on Cassandra</i>	[Zhen e Shanping 2011]
	<i>Implementation of NoSQL for robotics</i>	[Vijaykumar 2010]
	<i>Will NoSQL Databases Live Up to Their Promise?</i>	[Leavitt 2010]
	<i>Cache and consistency in NOSQL</i>	[Peng, Ruichun e Zhiming 2010]
Artigos sobre critérios para seleção e avaliação de SGBD	<i>Evaluating database management systems</i>	[Davidson 1982]
	<i>Data Quality in Context;</i>	[Strong, Lee e Wang 1997]
	<i>Methodologies for data quality assessment and improvement</i>	[Batini et al. 2009]
	<i>Selection of Software: The Analytic Hierarchy Process</i>	[Min 1992]
	<i>Parallel database systems: The future of high performance database systems</i>	[Dewitt e Gray 1992]
	<i>Evolutionary query for heterogenous distributed database systems</i>	[Ghaemi, Tabatabaee e Sadeghizadeh 2008]

Tabela 1. Artigos selecionados na revisão sistemática

Fonte: Próprio autor

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os critérios para seleção e avaliação de SGBDs foram extraídos da revisão sistemática e sua fundamentação teórica foi complementada pelo trabalho de Elmasri e Navathe (2005). Esses critérios estão reunidos em três grupos e estão apresentados a seguir.

4.1. FORNECEDOR

Após a compilação da lista de SGBDs candidatos, cada fornecedor de software deve ser solicitado para enviar a sua proposta, que pode dar uma visão geral dos recursos que o pacote SGBD oferece [Davidson 1982]. Os fornecedores devem ser solicitados a enviar uma cópia do último relatório anual, no caso de empresas de capital aberto, ou uma descrição da atuação e das atividades da empresa com informações financeiras para avaliar o crescimento e a estabilidade do fornecedor. Os critérios listados a seguir são usados para avaliar os SGBDs em relação ao fornecedor.

a) Reputação. Segundo Davidson (1982) uma boa reputação está relacionada às respostas obtidas com os pedidos de informação, à forma como foram tratados os problemas relatados e ao apoio técnico fornecido. Para Min (1992), a reputação do fornecedor pode ser considerada como o

seu círculo de negócio, o que pode ser uma boa referência para avaliação da credibilidade, boa vontade e confiança no fornecedor.

b) Suporte. Representa o apoio dado pelo fornecedor para solucionar problemas com a operação do produto. Alguns desses serviços são gratuitos, outros funcionam vinte e quatro horas por dia incluindo fins de semana.

c) Recursos adicionais. Entre os recursos adicionais, três se destacam: (1) fornecimento de bases de testes para avaliação do produto; (2) treinamento do cliente quanto ao uso do SGBD; e (3) disponibilidade de serviço de pós venda [Davidson 1982].

d) Continuidade. Deve-se verificar o compromisso do fornecedor em manter o produto atualizado e de acordo com o cenário de constante evolução da TI. Alguns SGBDs possuem a tendência de estabilizar conforme amadurecem e podem não ser capazes de suprir as necessidades futuras. As melhorias e modificações são importantes para que o SGBD possa acompanhar a evolução das aplicações [Davidson 1982]. Segundo Min (1992), é desejável escolher um fornecedor estabelecido que esteja em atuação por um longo tempo.

4.2. PRODUTO

Os requisitos operacionais e funcionais que o SGBD deve satisfazer precisam ser documentados. Os requisitos são utilizados para documentar, categorizar e analisar cada pacote candidato. Quando os requisitos priorizados tiverem sido documentados, eles podem ser usados para desenvolver uma lista de critérios para avaliação de SGBDs candidatos. A seguir destacam-se critérios de avaliação que devem ser considerados em relação ao produto.

a) Desempenho. Critérios relevantes para análise de características de desempenho de um SGBD são: otimização de consultas, execução nativa ou em modo de compatibilidade, capacidade de acessar múltiplas bases e paralelismo.

b) Administração. Recursos de administração auxiliam os profissionais no gerenciamento e modelagem de dados a realizarem alterações. É desejável que um SGBD forneça bons recursos a fim agilizar alterações no modelo de dados.

c) Disponibilidade. Precisa ser avaliado se o SGBD deve ser desativado para execução de funções administrativas. Outro aspecto importante é o processamento concorrente, pois uma aplicação pode exigir a capacidade de suportar vários usuários simultâneos.

d) Flexibilidade. O SGBD deve possuir dicionário de dados integrado com linguagem de consulta e disponibilizar geração dinâmica ou supressão de chaves do usuário e privilégios de acesso de forma flexível. Além disso, deve suportar múltiplos usuários e múltiplos bancos de dados, assim como processamento distribuído.

e) Licença de uso. Pode ser proprietária ou aberta. Na licença proprietária a distribuição do SGBD é controlada e há custos inerentes a contratação do software. Na licença aberta o SGBD pode ser vendido ou disponibilizado gratuitamente.

4.3. ORGANIZAÇÃO

O ambiente de atuação da organização, sua disposição para adotar inovações e assumir riscos podem influenciar os critérios para avaliação e seleção de SGBDs. Segundo Davidson (1982), vários critérios econômicos e organizacionais afetam a escolha de um SGBD, como os descritos a seguir.

a) Custo. Alguns tipos de custos devem ser considerados no processo de avaliação. Entre eles se destacam: custo de aquisição do SGBD, manutenção, aquisição de hardware, criação e conversão do banco de dados, pessoal, treinamento e operacional. Além disso, há custos indiretos que devem ser considerados.

b) Inovação. A inovação faz parte da filosofia da organização que pode valorizar novas tecnologias ou apenas priorizar a continuidade das aplicações privilegiando a robustez e a conformidade. Este critério pode ser determinante para a avaliação do uso de um SGBD NoSQL, pois este é um modelo inovador.

c) Perfil de risco. Este critério considera se a organização está disposta a investir em novas tecnologias, mesmo diante dos riscos e dificuldades encontrados durante processos de mudança.

d) Importância da TI. Está relacionado à importância que a organização atribui a TI como fator de adição de valor ao negócio.

e) Profissional de TI. Devem-se considerar também os profissionais da organização envolvidos no processo de avaliação e seleção de um SGBD. Eles representam atores interessados no processo de seleção e podem ter comportamentos diversos.

4.4. QUALIDADE

A qualidade de um pacote de software deve ser avaliada usando um modelo de qualidade definido [Koscianski *et al.* 1999]. O modelo de qualidade apresentado neste trabalho com o objetivo de identificar critérios de seleção de SGBDs foi o SQuaRE que faz parte da série ISO/IEC 9126 que categoriza os atributos de qualidade de software em seis características, as quais são subdivididas em subcaracterísticas que podem ser medidas por meio de métricas internas e externas.

a) Funcionalidade. Pode-se afirmar que esta característica de funcionalidade é idêntica aos “requisitos funcionais”, ou seja, os serviços que se espera que o sistema apresente. Ela pode ser decomposta nas seguintes subcaracterísticas: adequabilidade, acurácia, nível de segurança e *multi-threading*.

b) Manutenibilidade. Está relacionada ao esforço necessário para fazer modificações específicas no software. Basicamente envolve a facilidade de modificação de um produto de software. A manutenibilidade pode ser decomposta nas seguintes subcaracterísticas: modificabilidade, analisabilidade, estabilidade do produto e testabilidade.

c) Usabilidade. Representa o conjunto de atributos que evidenciam o esforço necessário para se utilizar o software, bem como o julgamento individual desse uso. A usabilidade pode ser decomposta nas seguintes subcaracterísticas: operabilidade, compreensibilidade, apreensibilidade e atratividade.

d) Confiabilidade. Está relacionada com um conjunto de atributos que evidenciam a capacidade de manter certo nível de desempenho sob determinadas condições durante um período de tempo estabelecido. A confiabilidade pode ser decomposta nas seguintes subcaracterísticas: tolerância e recuperabilidade.

e) Eficiência. Trata-se do conjunto de atributos que evidenciam o relacionamento entre o nível de desempenho do software e a quantidade de recursos usados, sob condições estabelecidas. A eficiência pode ser decomposta nas seguintes subcaracterísticas: velocidade de operação de um software e utilização de recursos.

f) Portabilidade. Trata-se do conjunto de atributos que evidenciam a capacidade do software de ser transferido de um ambiente para outro, ou seja, de ser utilizado em diferentes plataformas. Pode ser decomposta nas seguintes subcaracterísticas: instabilidade, adaptabilidade, coexistência e substitutibilidade.

5. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados foram analisados junto a um grupo de profissionais que atuam ou têm experiência em SGBD NoSQL, tanto em atividades profissionais do mercado de TI quanto em atividades acadêmicas. Para seleção desse grupo de profissionais foram considerados os seguintes requisitos: (1) anos de experiência de TI; (2) grau de conhecimento e vivência em projetos com banco de dados; (3) participação em processo de seleção de SGBDs NoSQL; (4) formação acadêmica na área de TI; e (5) domínio no desenvolvimento de aplicações ou de projetos suportados por SGBDs NoSQL.

Os profissionais selecionados foram agrupados em três perfis: (1) DAs e DBAs, que representam os profissionais que atuam diretamente com SGBDs NoSQL, compondo o grupo de administração de dados; (2) Desenvolvedores, que representam os profissionais com a visão de como os SGBDs NoSQL impactam no projeto e desenvolvimento de aplicações; (3) Demais Profissionais de TI, composto por gerentes, fornecedores de SGBDs e acadêmicos.

Cada perfil tem visões diferentes sobre o processo de seleção de SGBDs, o que permitiu ao grupo ter uma abordagem mais ampla sobre o tema, mesclando experiências e conhecimentos práticos dentro do contexto organizacional. Isso permitiu uma abordagem técnica e gerencial sobre os critérios para seleção de SGBDs NoSQL. A Tabela 2 mostra o resumo do perfil do grupo de 32 profissionais que participaram da avaliação dos critérios de seleção de SGBDs NoSQL.

Grupo de Painelistas	Experiência TI (anos)		Experiência SGBD		Part. Seleção SGBD		Formação Acadêmica	
	Até 10	Acima de 10	Baixa	Alta	Não	Sim	Até graduação	Pós-graduação
	(18)	(14)	(1)	(31)	(18)	(14)	(28)	(4)
Desenvolvedores	91,7	8,3	0,0	100,0	91,7	8,3	100,0	0,0
DAs e DBAs	25,0	75,0	0,0	100,0	8,3	91,7	100,0	0,0
Demais Profissionais de TI	50,0	50,0	12,5	87,5	75,0	25,0	50,0	50,0

Tabela 2. Características do Grupo de Painelistas

Fonte: Próprio autor

O instrumento utilizado para avaliação dos especialistas foi um questionário on-line. A aplicação do instrumento pela internet foi feita entre os meses de janeiro e março de 2013, utilizando a ferramenta Survey Monkey©. Ao responder o questionário, cada especialista confirmou, ou não, o grau de importância dos critérios de seleção de SGBD NoSQL identificados na literatura. Todos os critérios identificados na literatura foram avaliados como importantes pelos especialistas, e eles ainda

acrescentaram mais três critérios, conforme indicado na Figura 5: Software Livre, Apoio da comunidade e Escalabilidade horizontal.

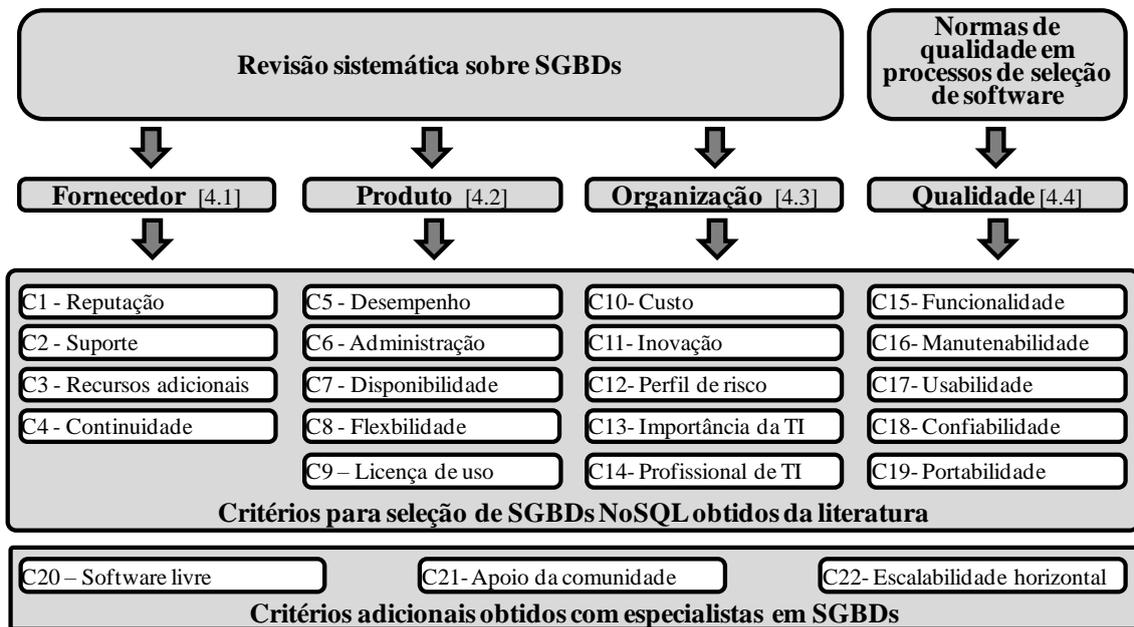


Figura 5. Critérios para Seleção de SGBD

Seguem as descrições dos três critérios incluídos pelos especialistas:

a) Escalabilidade horizontal. Trata-se em escalar as aplicações com o aumento na capacidade de processamento com o acréscimo no número de máquinas no *cluster* utilizando de processamento distribuído.

b) Apoio da comunidade. O critério Apoio da comunidade verifica a facilidade em se encontrar informações e experiências sobre determinado SGBD nas comunidades de pesquisa e fóruns na *web*.

c) Software livre. Este critério avalia a importância sobre a distribuição gratuita do SGBD NoSQL.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cada dia, e com maior intensidade nos últimos anos, o tema do *Big Data* cresceu em importância no contexto das aplicações web, no qual o crescente volume, variedade e velocidade de informações tem-se tornado uma preocupação para as organizações. Nesse contexto, surgem os SGBDs NoSQL com o objetivo de prover uma modelagem de dados simplificada, possibilitando ganhos de desempenho, maior grau de escalabilidade, flexibilidade e disponibilidade. Por outro lado, os SGBDs NoSQL não são

uma novidade simples de ser adotada. Por essa razão, identificar critérios para seleção de SGBDs NoSQL se mostra importante.

Esta pesquisa contribuiu para identificar os critérios mais importantes para seleção de SGBDs NoSQL. Ela identificou na literatura os principais critérios de seleção de SGBDs NoSQL e os verificou junto a um grupo de 32 especialistas no tema. Como resultado, a pesquisa identificou 22 critérios que devem ser observados pelas organizações em seus processos de seleção de SGBDs NoSQL.

Como próxima etapa de pesquisa, pretende-se analisar o grau de importância desses 22 critérios de modo a se obter não apenas um *ranking* desses critérios, mas identificar aqueles que são fundamentais no processo de seleção.

REFERÊNCIAS

- Batini, C., Cappiello, C., Francalanci, C. e Maurino, A. (2009) "Methodologies for data quality assessment and improvement", *ACM Computing Surveys*, 41(3), p. 1-52.
- Chang, F., Dean, J. e Ghemawat, S. B. (2008) "A distributed storage system for structured data", *ACM Transactions on Computer Systems (TOCS)*, 26(2), article n. 4.
- Davidson, E. (1982) Evaluating database management systems. In Proceedings of the June 7-10, national computer conference (AFIPS '82). ACM, New York, NY, USA.
- Dean, J. e Ghemawat, S. (2008) "MapReduce: simplified data processing on large clusters", *Communications of the ACM*, p. 1-1.
- Dewitt, D. e Gray, J. (1992) "Parallel database systems: The future of high performance database systems", *Communication ACM* 35.
- Elmasri, R. e Navathe, S. B. (2005) "Sistemas de Banco de Dados", São Paulo: Pearson Education do Brasil.
- Ghaemi, R., Fard, A. M., Tabatabaee, H. e Sadeghizadeh, M. (2008) "Evolutionary query for heterogeneous distributed database systems", *World Academy of Science, Engineering and Technology*, p. 43-49.
- Ghemawat, S., Gobiuff, H. e Leung, S. (2003) "The Google file system", *SIGOPS Operating Systems Review*, 37, p. 29-43.
- Leavitt, N. (2010) "Will NoSQL Databases Live Up to Their Promise?", *IEEE Computer*, 43(2), p. 12-14.
- Lóscio, B. F., Oliveira, H. R. e Pontes, J. C. S. (2011) "NoSQL no desenvolvimento de aplicações Web colaborativas", VIII Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos.
- Min, H. (1992) "Selection of Software: The Analytic Hierarchy Process" *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, p. 42-52.
- Pokorny, J. (2011) NoSQL databases. A step to database scalability in web environment. In Proceedings of the 13th International Conference on Information Integration and Web-based Applications and Services (iiWAS '11). ACM, New York, NY, USA, 278-283.
- Rahien, A. (2010) "That No SQL Thing: Column (Family) Database", Disponível em: <<http://ayende.com/blog/4500/that-no-sql-thing-column-family-databases>>. Acesso em 14/01/2013.
- Sadalage, P. J., Fowler, M. e River, U. S. (2013) "NoSQL distilled: a brief guide to the emerging world of polyglot persistence", Pearson ed.
- Sakr, S., Liu, A., Batista, D. M. e Alomari, M. (2011) "A Survey of Large Scale Data Management Approaches in Cloud Environments", *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 13(3), p. 311-336.
- Strong, D. M., Lee, Y. W. e Wang, R. Y. (1997) "Data Quality in Context", *Communication ACM* 40, p. 103-110.

Tiwari, S. (2011) "Professional NoSQL", Indianapolis: John Wiley & Sons, Inc.

Tudorica, B. G. e Bucur, C. (2011) "A comparison between several NoSQL databases with comments and notes", 10th Roedunet International Conference, p. 1,5, 23-25.

Vijaykumar, S. (2010) "Implementation of NOSQL for robotics", Emerging Trends in Robotics and Communication Technologies (INTERACT), p. 195-200.

Xiang, P., Hou, R. e Zhou, Z. (2010) "Cache and consistency in NOSQL", 3rd International Conference on Computer Science and Information Technology, p. 117-120.

Ye, Z. e Li, S. (2011) "A request skew aware heterogeneous distributed storage system based on Cassandra", Computer and Management (CAMAN), p. 19-21.

Capítulo 3



10.37423/210904698

A CONSERVAÇÃO E A PROMOÇÃO DA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL

Marília Gabriela Bieluczyk Bilibio

Claudia Felin Cerutti Kuhnen

*Universidade Regional Integrada do Alto
Uruguai e das Missões - Campus de
Frederico Westphalen
Universidade Regional Integrada do Alto
Uruguai e das Missões - Campus de
Frederico Westphalen*



Resumo: A promoção da agricultura sustentável é um dos objetivos da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Para conseguir suprir a demanda por alimento no futuro, a agricultura deve ser sustentável e também altamente produtiva, baseada na conservação de recursos da agricultura tradicional e ao mesmo tempo se utilizar de métodos da ecologia moderna. A televisão constituiu-se como um sistema independente, executor de operações discursivas e de produção de sentido social e a partir de 1992, com a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, temáticas ambientais ganham espaço em meios de comunicação de massa. Essa pesquisa foi realizada através da seleção de matérias emitidas pelos telejornais: Bom Dia Rio Grande, Campo e Lavoura, Jornal do Almoço e RBS Notícias. Após obtenção das matérias em meio digital, estas foram transcritas para registro do material quanto palavra e analisadas no Software Alceste. Foram identificadas 71 matérias, sendo o programa com mais matérias relacionadas ao tema da pesquisa o Campo e Lavoura, com 33 matérias, sendo este também o que dedicou mais tempo à discussão da temática. O texto das matérias transcritas forma o corpus, este é composto por Unidades de Contexto Elementares (UCE). No corpus, foram identificados 1283 UCE e 4791 palavras distintas, estes foram agrupados, para análise lexical, em Unidades de Contexto Iniciais (UCI), possibilitando a organização das ideias principais em três classes: Classe I: Parreirais e produção vinícola; Classe II: Hortas urbanas; Classe III: Agricultura familiar e produção orgânica. A partir dos dados gerados pelo Software Alceste, pôde-se fazer a caracterização das matérias apresentadas nos telejornais com base no conjunto de informações geradas para cada classe. Essa caracterização permite avaliar o que está sendo trazido para pauta pelos programas televisivos, bem como, analisar o conhecimento científico empregado, avaliar o conteúdo abordado e sua relação com o segundo objetivo da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável e com o tema da pesquisa em questão. Fica evidenciado o uso do tema da pesquisa em 71 matérias veiculadas por quatro telejornais. Através do conteúdo analisado é possível afirmar que o segundo objetivo da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável “Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável” vem sendo incluso nos diversos setores da sociedade civil, além disso, o conteúdo das matérias foi apresentado com contextualização social, tornando-se mais fácil a compreensão do assunto. Denota-se a importância de cuidar do meio ambiente através da mudança de hábito, com a realização de práticas agrícolas menos prejudiciais ao meio ambiente e a elaboração de políticas públicas que visam contribuir para o alcance do mesmo.

Palavras-chave: Agricultura Sustentável; Meio De Comunicação De Massa; Produção Orgânica; Qualidade De Vida; Telejornais.

1. INTRODUÇÃO

A promoção da agricultura sustentável é um dos objetivos da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2015). Em setembro de 2015, a Agenda 2030 foi aprovada e adotada por 193 países membros das Nações Unidas, inclusive o Brasil, e conta com 17 objetivos e 169 metas que contemplam as dimensões social, econômica e ambiental. Foi elaborada a partir de um amplo processo participativo, lançado na Rio+20, em 2012, que envolveu governos, organizações da sociedade civil e especialistas. Entre os 17 objetivos, destacamos aqui o Objetivo 2 “Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável” (ONU, 2015).

Segundo Gliessman (2009) a agricultura do futuro deve ser sustentável e também altamente produtiva para conseguir suprir a demanda por alimento, sendo preciso então, renovar o desenvolvimento agrícola, baseando o novo modelo na conservação de recursos da agricultura tradicional e ao mesmo tempo se utilizar de métodos da ecologia moderna. Através da biotecnologia, são produzidas sementes geneticamente modificadas, com maior resistência às pragas, consequentemente reduzindo a utilização de agrotóxicos e com maior teor proteico, o que pode vir a reduzir a fome mundial. Através de pesquisas os alimentos podem ser enriquecidos com vitaminas específicas, elevando o teor nutricional e contribuindo para a melhoria da segurança alimentar (BAUMER, 1999). Segundo De Ávila & Griebeler (2015), “o objetivo não é limpar a natureza das agressões humanas, mas tomar a hipótese de que se possa sujar menos o meio ambiente”, em relação a isso pode-se citar as lavouras com demanda decrescente de defensivos agrícolas, que favorecem os processos naturais de equilíbrio entre os elementos bióticos presentes em uma lavoura.

As bactérias e outros microrganismos foram, nos primeiros dois bilhões de anos da evolução biológica, as únicas formas de vida no planeta. As bactérias são capazes de acumular de forma bastante rápida mutações ocasionais e com isso adaptam-se extraordinariamente bem às mudanças ambientais. Já a eficiência de suas redes de comunicação pode ser observada na velocidade com que a resistência a um medicamento espalha-se entre as diversas comunidades de bactérias. Desta forma, as redes globais de comunicação, acreditadas serem avanços reservados as civilizações humanas modernas, na verdade já vem sendo utilizadas há bilhões de anos pelas comunidades de bactérias de todo o planeta (CAPRA, 2002). Segundo Edgar Morin (citado por SOUZA, 2005), na era da globalização, os efeitos do uso dos meios de comunicação pelas sociedades humanas passam a ficar mais evidenciados, pois ocorre uma busca desenfreada por novos consumidores de bens duráveis e culturais, e o capitalismo é estimulado pelos argumentos do liberalismo econômico e pela expansão dos sistemas de

comunicação. Concomitantemente, organizações não governamentais relacionadas ao movimento ambientalista, surgem já com influência no sistema global de comunicação, criando situações impactantes para chamar a atenção da mídia, a fim de apresentar o consumismo verde como forma de amenizar os problemas ambientais gerados pelo consumo desenfreado resultado pela globalização (CASTELLS, 1999).

Com o surgimento da televisão, ocorrem modificações nas formas de comunicação midiáticas, o que antes podia apenas ser lido nos jornais e livros ou ouvido pelos rádios, agora passaria a ser visto. Na época a aparelhagem foi chamada de radiotelevisão, pois transmitia sons a longas distâncias e exibia imagens. No Brasil essas alterações começam a partir de 1950, quando ocorre a primeira transmissão oficial realizada pela Rede Tupi de Televisão (DELA-SILVA, 2008). Na contemporaneidade, de acordo com dados da Pesquisa Brasileira de Mídia (2016), 95% dos brasileiros assistem TV regularmente e 74% assistem a programas televisivos todos os dias. A televisão constitui-se ao passar dos anos como um sistema independente, executor de operações discursivas e de produção de sentido social, ofertando vinte e quatro horas por dia diferentes construções de mundo (GOMES & PEREIRA, 2010). A partir de 1992, com a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro, temáticas ambientais ganham espaço em meios de comunicação de massa, espaço este que antes não existia.

O desenvolvimento industrial ambientalmente incorreto é seguido pelo surgimento de movimentos sociais, que se tornam bastante influentes no cenário mundial (SOUZA, 2005). Alves (2017) caracterizou o uso dos recursos naturais pelo homem em três fases, seriam elas a utilização dos recursos naturais de forma artesanal, a utilização destes por meio de máquinas simples e a terceira é onde inicia-se a utilização de máquinas mais sofisticadas e existência de mercados complexos que antes ainda se caracterizavam como pequenos e em expansão. A terceira fase tem início depois da Segunda Guerra Mundial se estendendo até os dias atuais. O uso dos recursos naturais pelo homem nessa fase ultrapassa a capacidade que o meio ambiente tem em assimilar os impactos ambientais negativos gerados (ALVES, 2017). Os efeitos negativos da intervenção humana no ecossistema levaram ao surgimento de um movimento conhecido hoje como ambientalismo, pautado na sustentabilidade ambiental e se opondo ao esgotamento dos recursos naturais (LAYRARGUES, 2000).

Dentro desse contexto, ocorre o aumento da realização de práticas relacionadas à Educação Ambiental, através da sensibilização da sociedade sobre os problemas ambientais e o papel do ser humano na mitigação dos efeitos negativos gerados pela antropização (RODRIGUES & COLESANTI,

2008). A Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999 dispõe sobre a Política Nacional da Educação Ambiental a qual incumbe “[...] aos meios de comunicação de massa, colaborar de maneira ativa e permanente na disseminação de informações e práticas educativas sobre meio ambiente e incorporar a dimensão ambiental em sua programação” (BRASIL, 1999).

Esta pesquisa foi realizada através da seleção de matérias de telejornais de emissoras vinculadas a Rede Globo, que abordaram o tema do estudo. As matérias foram identificadas no site <https://globoplay.globo.com/> sendo estas emitidas pelos seguintes telejornais: Bom Dia Rio Grande, Campo e Lavoura, Jornal do Almoço e RBS Notícias. Após obtenção das matérias em meio digital, estas foram analisadas quanto à qualidade do (a): conhecimento científico, clareza da informação, adequação da linguagem, atualização e contextualização sociocultural. Os textos das matérias foram transcritos para registro do material quanto palavra e analisados no *Software Alceste (Analyse Lexicale par Contexte d'un Ensemble de Segments de Texte)* para a classificação dos assuntos mais abordados em classes com base na frequência com que aparecem nos elementos textuais.

2. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao longo de todo o tempo da pesquisa foram identificadas 71 matérias relacionadas ao tema A Conservação e a Promoção da Agricultura Sustentável, estas veiculadas por quatro emissoras de TV: Bom Dia Rio Grande, Campo e Lavoura, Jornal do Almoço e RBS Notícias, sendo a relação do tempo destinado à transmissão:

Tabela 1 - Número e duração das matérias veiculadas pelos telejornais, no período de 2017 a 2019 sobre A Conservação e a Promoção da Agricultura Sustentável.

Telejornal	Nº de matérias veiculadas	Duração
Bom Dia Rio Grande	16	54min 1s
Campo e Lavoura	33	2h 43s
Jornal do Almoço	13	30min 51s
RBS Notícias	9	26min 52s

O programa com mais matérias relacionadas ao tema da pesquisa foi o Campo e Lavoura, com 33 matérias, sendo este também o que dedicou mais tempo à discussão da temática: 2 horas e 43 segundos (Tabela 1). O texto das matérias transcritas forma o *corpus*, este é composto por Unidades de Contexto Elementares (UCE). No *corpus*, foram identificados pelo Software Alceste, 1283 UCE e 4791 palavras distintas, estes foram agrupados, para análise lexical, em Unidades de Contexto Iniciais (UCI), possibilitando a organização das ideias/temas principais em classes. Foram identificadas três classes que são aqui nomeadas a partir do conjunto de UCE e palavras relacionadas a cada uma, sendo:

Classe I – Parreirais e produção vinícola; Classe II – Hortas urbanas; Classe III – Agricultura familiar e produção orgânica. A Classe II apresenta o maior número de UCE, seguida pela Classe III e I (Figura 1). Já em relação ao número de palavras distintas, a Classe II é a que apresenta menor quantidade, sendo o maior número encontrado na Classe III e Classe I (Figura 2).

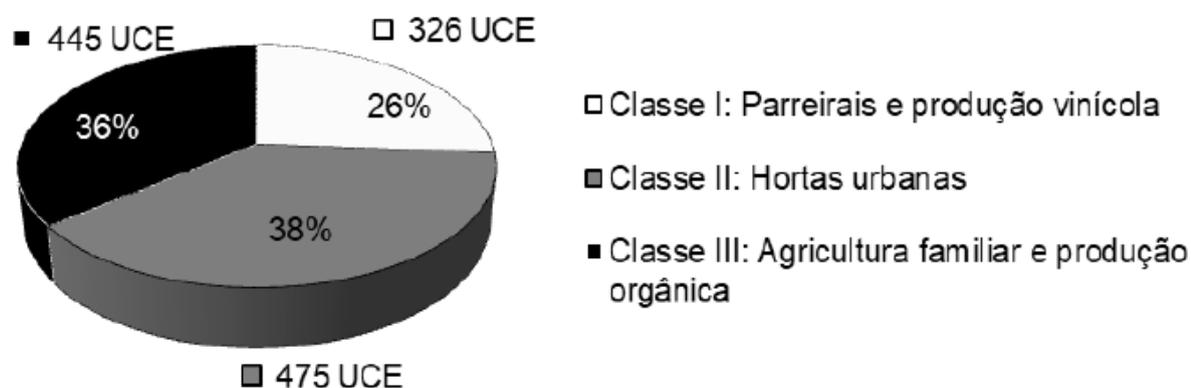


Figura 1- Distribuição das UCE por classe e sua porcentagem correspondente referente à Conservação e a Promoção da Agricultura Sustentável.

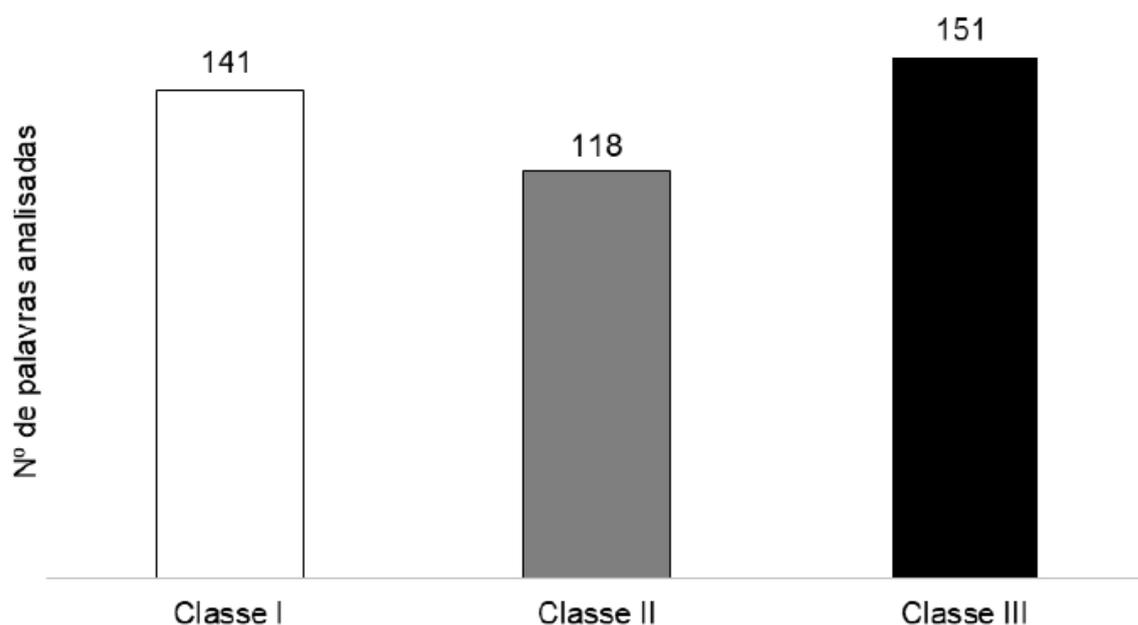


Figura 2 - Número de palavras analisadas em cada classe referente à Conservação e a Promoção da Agricultura Sustentável.

A Tabela 2 é uma relação das palavras mais representativas, a frequência de cada uma na classe e no corpus e o valor do Qui-quadrado (χ^2).

Tabela 2 – As três classes associadas à Conservação e a Promoção da Agricultura Sustentável, resultadas da análise lexical do *corpus*.

	Palavras associadas à classe	Frequência no corpus	Frequência na classe	χ^2
Classe I: Parreirais e produção vinícola 26% do <i>corpus</i> – 326 UCE	Uva	67	57	127
	Soja	30	30	87
	Hectare	140	77	68
	Lavoura	33	29	67
	Safra	23	22	59
	Área	34	26	46
	Produtividade	21	19	46
	Quilo	24	20	41
	Colheita	28	22	41
	Fruta	59	36	39
	Arroz	31	23	38
	Região	88	47	36
	Grão	17	15	34
	Serra	14	13	33
	Milho	25	19	33
	Produção	108	53	32
	Parreirais	13	12	30
	Uso	29	20	28
	Oeste	10	10	28
	Redução	10	10	28
	Fronteira	10	10	28
	Vinícola	9	9	26
	Toneladas	14	12	26
	Sistema	33	21	25
	Reais	23	16	23
	Custos	8	8	23
	Pesquisadores	10	9	21
	Gaúcha	7	7	20
	Classe II: Hortas urbanas 38% do <i>corpus</i> – 475 UCE	Natureza	21	20
Casa		84	55	29
Ambiente		38	30	28
Temperos		15	15	25
Você		51	36	24
Horta		35	26	20
Planta		147	81	20
Cozinha		12	12	20
Substrato		12	12	20
Vaso		11	11	18
Jardim		11	11	18
Apartamento		10	10	16
Composto		9	9	15
Própria		12	10	11
Terra		31	21	12
Chás		7	7	11
Manjerição		7	7	11
Saúde		40	25	10
Vertical		6	6	10
		Família	120	94
	Agroindústria	38	36	59

Classe III: Agricultura familiar e produção orgânica 36% do corpus – 445 UCE	Feira	54	45	56
	Produtos	113	76	54
	Agricultura	45	38	48
	Rural	43	36	45
	Rio	41	32	33
	Município	50	37	33
	Cidade	36	29	32
	Semana	19	18	29
	Interior	32	25	26
	Expoagro	14	14	25
	Negócio	26	21	23
	Sul	51	24	22
	Norte	18	16	22
	Merenda	12	12	22
	Campo	25	19	18
	Produzidos	13	12	18
	Orgânicos	104	56	16
	Cooperativa	19	15	16

Faz-se cada vez mais importante o envolvimento dos meios de comunicação de massa como veículo de disseminação da Educação Ambiental para o desenvolvimento sustentável das atividades antrópicas, seja por seu amplo alcance ou pela facilidade com que uma informação pode ser propagada, contudo é devido essa facilidade de propagação que se torna indispensável a avaliação criteriosa do conteúdo a ser divulgado. A partir dos dados gerados pelo Software Alceste, pôde-se fazer a caracterização das matérias apresentadas nos telejornais com base no conjunto de informações geradas para cada classe. Essa caracterização permite avaliar o que está sendo trazido para pauta pelos programas televisivos, bem como, analisar o conhecimento científico empregado, avaliar o conteúdo abordado e sua relação com o segundo objetivo da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável e com o tema da pesquisa em questão.

Parreirais e produção vinícola (Classe I): uva, hectare, lavoura, safra, produtividade, fruta, serra, parreirais, vinícola e toneladas são as principais palavras encontradas na primeira classe que aborda principalmente o crescente aumento dos parreirais no sul do país, a produção e exportação de vinhos e sucos de uva e a utilização da tecnologia em novos meios de cultivo e colheita da uva para melhorar a qualidade e diminuir a utilização de defensivos agrícolas. As reportagens mostram a tecnologia como aliada dos produtores, que devido a diminuição da mão de obra buscam novos métodos de produção. Tendo em vista também a crescente procura por produtos produzidos de forma orgânica, muitas propriedades estão deixando de lado os defensivos agrícolas e estão aderindo a formas menos agressivas de controle biológico.

Hortas urbanas (Classe II): casa, temperos, horta, cozinha, substrato, vaso, jardim, apartamento, terra, chás e saúde são as principais palavras desta classe. O cultivo de temperos, verduras, legumes e chás em pequenos espaços dentro de casa ou em apartamentos é o tema central dessa classe. As reportagens possuem cunho educativo, realizadas com especialistas e com pessoas que aderiram à ideia, são abordadas formas de cultivo, os tipos de planta que podem ser cultivadas em cada local dependendo da disponibilidade de luz, dentre outros. Esse tema está associado à melhoria da qualidade de vida com o incremento desses ingredientes na culinária e alimentação. Os chás são popularmente conhecidos pelas diversas aplicações na medicina comum, verduras, legumes e temperos possuem diversas vitaminas essenciais ao bom funcionamento do organismo. As hortas urbanas também se destacam pela não utilização de agrotóxicos.

Agricultura familiar e produção orgânica (Classe III): família, agroindústria, feira, agricultura, Expoagro, merenda, campo, produtos, orgânicos e cooperativa são as principais palavras desta classe. O aumento da produção orgânica fica evidenciado na terceira classe. Hortifruticultura sem adição de agroquímicos, criação de cooperativas por pequenos produtores rurais para venda de seus produtos, incentivo aos jovens para que dêem continuidade as atividades no campo, venda de produtos da agricultura familiar em feiras, são alguns dos assuntos que estão associados a esta classe.

Após a criação do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) a agricultura familiar passa a ser legitimada e a ser usada em diversas políticas públicas como no Programa Nacional de Alimentação Escolar, que através da Lei nº 11.947/09 determina que 30% do total de recursos financeiros repassados pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) sejam utilizados para a aquisição de gêneros alimentícios diretamente da agricultura familiar e suas organizações, priorizando as comunidades tradicionais e os assentamentos de reforma agrária (BRASIL, 2009). Para ter acesso a essa política o agricultor precisa fazer parte de uma cooperativa que no mínimo 70% dos contribuidores sejam possuidores da Declaração de Aptidão ao Pronaf (COSTA, 2015). No que tange a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (PNAPO) a mesma foi instituída pelo Decreto Nº 7.794, de 20 de agosto de 2012 que tem por objetivo integrar, articular e adequar políticas, programas e ações indutoras da transição agroecológica e da produção orgânica e de base agroecológica, contribuindo para o desenvolvimento sustentável e a qualidade de vida da população, por meio do uso sustentável dos recursos naturais e da oferta e consumo de alimentos saudáveis (BRASIL, 2012).

Alguns dos objetivos de um sistema de produção orgânico é ofertar produtos saudáveis isentos de contaminantes intencionais, preservar a diversidade biológica dos ecossistemas naturais, incrementar a atividade biológica do solo e manter ou incrementar sua fertilidade, minimizar a contaminação do solo, da água e do ar e reciclar resíduos de origem orgânica, reduzindo o emprego de recursos não-renováveis (BRASIL, 2003). Os insumos agrícolas sintéticos serão causa de problemas agrários futuros previsíveis, a regeneração de recursos naturais destruídos irá custar milhões de dólares em pesquisa, em programas de extensão rural e investimento em técnicas de recuperação, isso devido a comportamentos e práticas ilógicas. Muitos agroquímicos apresentam efeitos carcinogênicos, mutagênicos e teratogênicos, a utilização dessas substâncias pode estar relacionada à classificação do Brasil como terceiro país com a maior mortalidade por câncer (EHLERS, 1999). Em compensação, os alimentos produzidos de forma orgânica apresentam mais nutrientes e menos substâncias tóxicas (ROEL, 2016).

3. CONCLUSÃO

Com esta pesquisa fica evidenciado o uso do tema A Conservação e a Promoção da Agricultura Sustentável em 71 matérias, sendo estas, veiculadas por quatro telejornais. Constatou-se que o conteúdo das matérias foi apresentado com contextualização social, tornando-se mais fácil a compreensão do assunto. Além disso, pode-se afirmar a qualidade das informações trazidas pelos jornalistas. Fica explícito após análise contextual das matérias, a sobressalência da adoção de práticas sustentáveis no dia-a-dia, a preocupação em denotar a importância de cuidar do meio ambiente através da mudança de hábito, e através do conteúdo analisado é possível afirmar que o segundo objetivo da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável: “Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável” (ONU, 2015), vem sendo incluso nos diversos setores da sociedade civil, com a realização de práticas agrícolas menos prejudiciais ao meio ambiente e a elaboração de políticas públicas que visam contribuir para o alcance do mesmo. A conservação e a promoção da agricultura sustentável devem continuar a serem abordadas por programas de televisão, meio de comunicação de massa, importante mecanismo de propagação de informação para a população brasileira sobre questões socioambientais.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Ricardo Ribeiro. Administração verde: o caminho sem volta da sustentabilidade ambiental nas organizações. Elsevier Brasil, 2017.

BAUMER, J. Aventura transgênica: o Brasil atravessa a nova fronteira agrícola mundial. Rev. Problemas Brasileiros, v.37, n.334,1999.

BRASIL. Política Nacional de Educação Ambiental, 1999. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm Acesso em 22 jul. 2019.

BRASIL. Presidência da República. Secretaria de Comunicação Social. Pesquisa brasileira de mídia 2016: hábitos de consumo de mídia pela população brasileira. – Brasília: Secom, p.120, 2016.

BRASIL. Lei nº 11.947, de 16 de junho de 2009. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l11947.htm Acesso em: 23 jul. 2019.

BRASIL. Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/decreto/d7794.htm Acesso em: 23 jul. 2019.

BRASIL. Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2003/L10.831.htm#art1 Acesso em: 23 jul. 2019.

CAPRA, Fritjof. As conexões ocultas: ciência para uma vida sustentável. São Paulo: Cultrix, 2002.

CASTELLS, Manuel. O poder da identidade. São Paulo: Paz e Terra, 1999.

COSTA, Bianca Aparecida Lima et al. As cooperativas de agricultura familiar e o mercado de compras governamentais em Minas Gerais. Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 53, n. 1, p. 109-126, 2015.

DE ÁVILA, Dione Ferreira; GRIEBELER, Marcos Paulo Dhein; BRUM, Argemiro Luís. Inovação: a Modernização da Agricultura no Planalto Gaúcho (Brasil). Revista de Ciências Jurídicas, v. 16, n. 2, p. 156-164, 2015.

DELA-SILVA, Silmara Cristina et al. O acontecimento discursivo da televisão no Brasil: a imprensa na constituição da TV como grande mídia. 2008.

EHLERS, Eduardo. Agricultura sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma. 2. ed. Guaíba: Agropecuária, 1999.

GLIESSEMAN, S.R. Agroecologia: Processos Ecológicos em Agricultura Sustentável. Editora UFRGS. Porto Alegre, Brasil. 685 pp, 2009.

GOMES, Ana Ângela Farias; PEREIRA, Claudio Luiz. O meio ambiente no meio ambiente da TV brasileira: percursos histórico-discursivos. 2010.

LAYRARGUES, P. P. Sistemas de gerenciamento ambiental, tecnologia limpa e consumidor verde: a delicada relação empresa-meio ambiente no ecocapitalismo. *Revista de Administração de empresas*, 40(2), 80-88, 2000.

ONU. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. ONU, 2015. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>. Acesso em 22 jul. 2019.

ROEL, Antonia Railda. A agricultura orgânica ou ecológica e a sustentabilidade da agricultura. *Interações (Campo Grande)*, v. 3, n. 4, 2016.

RODRIGUES, Gelze Serrat Souza Campos; COLESANTI, Marlene Teresinha Muno. Educação ambiental e as novas tecnologias de informação e comunicação. *Revista Sociedade & Natureza*, v. 20, n. 1, 2008.

SOUZA, JCPVB. Comunicação e movimento ambientalista: bactéria verde dentro do organismo global. In: *Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação*. 2005.

Capítulo 4



10.37423/210904703

PROPRIEDADES QUÍMICA E ANTIOXIDANTE DO EXTRATO ETANÓLICO DA CASCA DO CAULE DE XIMENIA AMERICANA LINNAEUS

Thayane Melo de Queiroz

Instituto Federal do Ceará / Campus Quixadá

Beatriz da Silva Batista

Universidade Federal do Maranhão / Campus Avançado

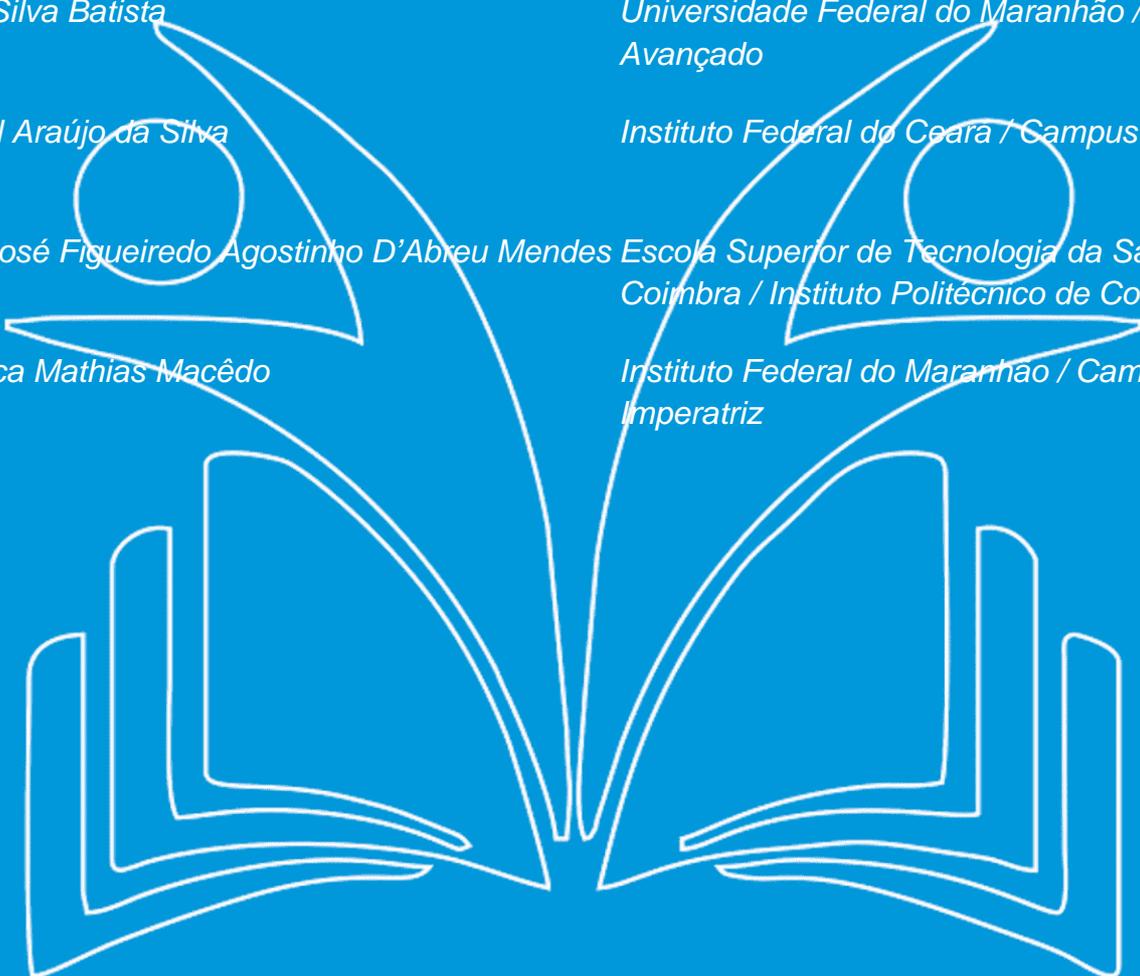
Ana Raquel Araújo da Silva

Instituto Federal do Ceará / Campus Paracuru

Fernando José Figueiredo Agostinho D'Abreu Mendes *Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Coimbra / Instituto Politécnico de Coimbra*

Ana Angélica Mathias Macêdo

Instituto Federal do Maranhão / Campus Imperatriz



Resumo: A planta medicinal *Ximenia americana* Linnaeus é estudada por pesquisadores do nordeste brasileiro, uma vez que é empregada na medicina popular devido suas propriedades: antibacteriana, anticonvulsivante e antioxidante. Neste trabalho, investigou-se o espectro no infravermelho por transformada de Fourier, o perfil fitoquímico e o potencial antioxidante do extrato etanólico da casca do caule de *Ximenia americana* Linnaeus. Os principais metabólitos secundários encontrados na casca do caule desta planta foram os compostos fenólicos, com ênfase nos flavonóides. A partir do método 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH), foi possível determinar a quantidade de antioxidante para diminuir a concentração inicial de DPPH em 50% com valor de $154,65 \pm 0,06 \mu\text{g/mL}$ para o extrato da planta, sugerindo potencial antioxidante. A partir da investigação realizada foi possível identificar a ação antioxidante do extrato etanólico da casca do caule de *Ximenia americana* Linnaeus, todavia revela-se necessário realizar mais estudos a fim de aprofundar e compreender os mecanismos de ação dos princípios ativos para possível aplicação na farmacologia. Sugere-se que novos estudos sejam realizados para o isolamento, identificação e avaliação da toxicidade das substâncias ativas para o organismo humano.

Palavras-chave: Antioxidante. DPPH. *Ximenia americana* L. Extrato. Fitoquímica.

1. INTRODUÇÃO

Radicais livres são moléculas altamente instáveis capazes de reagir com outras moléculas retirando-lhe um elétron e ocasionando o processo denominado de estresse oxidativo (BIANCHI; ANTUNES, 1999), que se origina do desequilíbrio entre moléculas oxidantes e antioxidantes. Esse desequilíbrio pode ocasionar diversas doenças, tais como: diabetes, câncer, doenças cardiovasculares, dentre outras (LESJAK *et al.*, 2011; UTTARA *et al.*, 2009).

Os antioxidantes sintéticos são amplamente adicionados em alimentos com o objetivo de inibir ou diminuir os processos oxidativos, todavia pesquisas realizadas em animais têm revelado que podem ocasionar efeitos carcinogênicos (JUNIOR *et al.*, 2017), mas nos últimos anos, pesquisas têm sido desenvolvidas com a finalidade de encontrar produtos naturais, principalmente oriundos de plantas, como fontes de compostos antioxidantes para reduzir ou substituir os antioxidantes de origem sintética (AUGUSTYNIAK *et al.*, 2010).

A planta *Ximenia americana* Linnaeus, pertencente à família *Olacaceae*, é conhecida popularmente como ameixa de espinho, ameixa brava, ameixa da terra e ameixa da Bahia. A árvore apresenta casca de coloração vermelha e lisa, folhas pequenas e flores branco-avermelhadas (MATOS, 2007). Utilizada na medicina popular devido às suas propriedades antibacteriana (KONÉ *et al.*, 2004), anticonvulsivante (QUINTANS-JÚNIOR *et al.*, 2002) e antioxidante (MAIKAI; KOBO; MAIKAI, 2010).

Os principais metabólitos encontrados nessa planta são os compostos fenólicos (UCHÔA *et al.*, 2016), terpenoides (ARAÚJO; MONTE; BRAZ-FILHO, 2009; MONTE *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2016) e esteroides (MONTE *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2016). Dentre os compostos fenólicos encontrados em *Ximenia americana* Linnaeus destacam-se a (-)-epicatequina (Figura 1a) e a quercetina (Figura 1b), que foram isoladas a partir do extrato etanólico do caule da planta (UCHÔA *et al.*, 2016). A procianidina B (Figura 1c) e a procianidina C (Figura 1d) foram identificadas no extrato aquoso do caule da planta (ARAGÃO *et al.*, 2018).

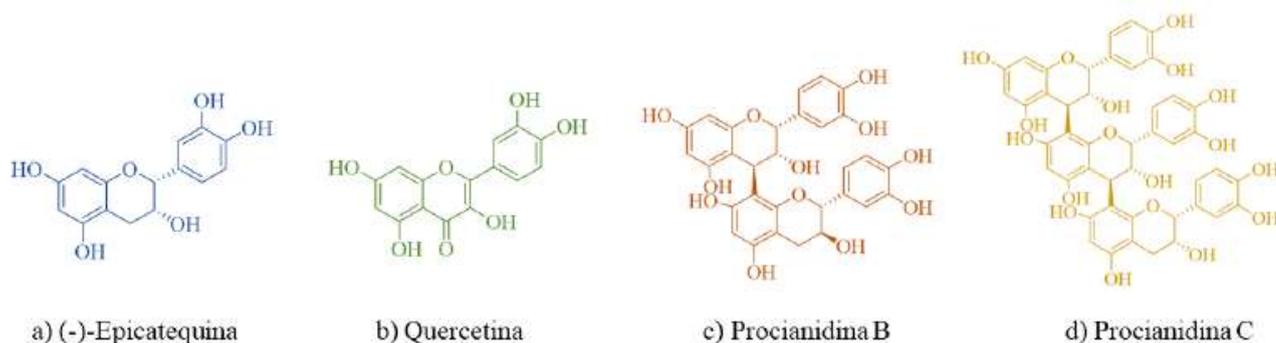


Figura 1. Estruturas químicas de compostos fenólicos identificados em *Ximenia americana* Linnaeus:

a) (-)-Epicatequina, b) Procianidina B, c) Quercetina e d) Procianidina C. **Fonte:** Elaboração própria.

Além dos compostos citados, os triterpenos ácido betulínico (Figura 2a), ácido oleanólico (Figura 2b), ácido 28-O-(β -D-glicopiranosil) oleanólico, ácido 3-oxo-oleanólico (Figura 2c) e ácido 3 β -hidroxícicloart-24(E)-en-26-óico (Figura 2d) foram isolados a partir do extrato hexânico das cascas do caule da planta *Ximenia americana* Linnaeus (ARAÚJO *et al.*, 2008; MONTE *et al.*, 2012).

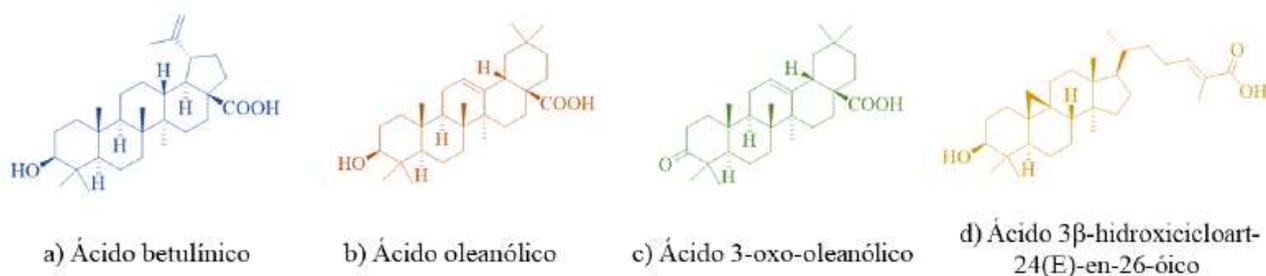


Figura 2. Estruturas químicas de triterpenos encontrados em *Ximenia americana* Linnaeus: a) Ácido betulínico, b) Ácido oleanólico, c) Ácido 3-oxo-oleanólico e d) Ácido 3 β -hidroxícicloart-24(E)-en-26-óico. **Fonte:** Elaboração própria.

Neste trabalho, avalia-se os compostos químicos, fitoquímicos e o potencial antioxidante, pelo método 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH), do extrato etanólico da casca de *Ximenia americana* Linnaeus. Assim, verificar sua potencialidade para possíveis aplicações farmacológicas.

2. METODOLOGIA

2.1 MATERIAIS

A casca do caule de *Ximena americana* Linnaeus (Figura 3) foi coletada na cidade de Baturité, Ceará, Brasil. O reagente DPPH foi obtido comercialmente, da marca Sigma-Aldrich e os solventes utilizados nas extrações e análises foram de grau P. A.



Figura 3. Casca do caule da Ameixa Brava (*Ximena americana* Linnaeus).

2.2 PREPARAÇÃO DO EXTRATO ETANÓLICO

O processo de obtenção do extrato etanólico (Figura 4), inicia-se após a coleta, as cascas de *Ximena americana* Linnaeus foram higienizadas e secas em estufa à 60 °C por 24 horas. Em seguida, foram pulverizadas e imersas em álcool etílico (96%) por sete dias a temperatura ambiente (27 °C). A mistura resultante foi filtrada e concentrada, obtendo o extrato etanólico após evaporação a 50 °C em banho-maria.



Figura 4. Preparação do extrato etanólico da casca do caule de *Ximena americana* Linnaeus.

2.3 TESTE FITOQUÍMICO

O teste fitoquímico foi realizado conforme metodologia proposta por Matos (2009), para identificar a presença de fenóis, taninos, antocianinas, antocianidinas, flavonóides, leucoantocianidinas, flavonas e saponinas. Nestes ensaios, a presença ou ausência dos metabólitos foi confirmada através de reações químicas que resultaram no aparecimento de coloração e/ou precipitado, após a adição de reagentes específicos.

Preparou-se uma solução hidroalcoólica, dissolvendo-se 10 g de extrato etanólico da casca do caule de *Ximenia americana* Linnaeus com 100 mL de álcool (70%).

Teste de fenóis e taninos: colocou-se 1 mL da solução hidroalcoólica em tubos de ensaio e adicionou-se 150 µL de uma solução alcoólica de FeCl₃. Em seguida, agitou-se e observou-se variação de coloração.

Teste de antocianinas, antocianidinas e flavonóides: utilizaram-se três tubos de ensaios com 1 mL da solução hidroalcoólica em cada tubo e acidificou-se uma das soluções com pH 3 e as outras duas foram alcalinizadas com pH 8,5 e pH 11, respectivamente. Em seguida, observou-se se houve mudança de coloração.

Teste de leucoantocianidinas, catequinas e flavonas: utilizou-se dois tubos de ensaio com 1 mL da solução hidroalcoólica em cada tubo e acidificou-se uma com pH 3 e a outra alcalinizada a pH 11. Posteriormente, ambos os tubos foram aquecidos, comparados e observados a variação de coloração.

Teste de saponinas: homogeneizou-se 1 g do extrato em tubo de ensaio com 3 mL de água destilada por 3 minutos e observou-se formação de espuma persistente.

2.4 INFRAVERMELHO POR TRANSFORMADA DE FOURIER

A espectroscopia por infravermelho é uma técnica poderosa de identificação de compostos orgânicos e inorgânicos puros. O espectro de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) foi obtido para o extrato etanólico da casca do caule da *Ximenia americana* Linnaeus. A medida foi realizada em um espectrofotômetro da marca Shimadzu (FTIR IR-Prestige-21), em módulo de refletância total atenuada. Os espectros foram obtidos em intervalo de 4000 a 500 cm⁻¹, com resolução de 2 cm⁻¹ e 32 varreduras.

2.5 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

A atividade antioxidante do extrato etanólico da casca do caule de *Ximenia americana* Linnaeus foi determinada pelo método DPPH, conforme a metodologia proposta por Silva *et al.* (2012). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Preparou-se uma solução metanólica do radical DPPH ($6,5 \times 10^{-5}$ mol/L). Em seguida, uma alíquota de 3,9 mL desta solução foi adicionada a 100 μ L de diferentes concentrações (1-10 μ g/mL em metanol) adicionou-se 100 μ L de metanol e 3,9 mL da solução de DPPH. Os experimentos foram realizados na ausência de luz.

Após uma hora de reação, a redução do radical DPPH foi medida em espectrofotômetro a 515 nm. Posteriormente, foi calculado o índice de varredura (IV) de todas as leituras conforme Equação 01, em que AbsDPPH é a absorbância do DPPH e AbsAmostra é a absorbância das amostras em diferentes concentrações.

$$IV = \left(\frac{\text{AbsDPPH} - \text{AbsAmostra}}{\text{AbsDPPH}} \right) \times 100 \quad (01)$$

Após encontrar o IV de todas as amostras, foi plotado um gráfico de IV *versus* concentração (ppm). Após encontrar o IV de todas as amostras, foi plotado um gráfico de IV *versus* concentração. A partir deste resultado, obteve-se a EC50, a quantidade de antioxidante para diminuir a concentração inicial de DPPH em 50%, calculada a partir da equação da reta gerada pela regressão linear desses dados, conforme a Equação 02, em que a é o coeficiente linear da reta e b o coeficiente angular.

$$EC_{50} = \frac{50 - a}{b} \quad (02)$$

2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Utilizou-se o teste de análise de variância (ANOVA), por meio do software Origin 8.5, para determinar as diferenças estatísticas de comparações múltiplas pelo teste de Tukey. O critério de significância 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste fitoquímico realizado para o extrato etanólico da casca do caule de *Ximenia americana* Linnaeus mostrou reação positiva para fenóis totais, flavonóis, saponinas e taninos flabobênicos (Tabela 1). Confirmou-se a presença de fenóis e taninos ao observar a formação de precipitado de coloração verde, mas também foram identificadas antocianinas, antocianidinas e flavonóides pela mudança de coloração de incolor para amarelo, em pH 11, bem como a presença de saponinas pela formação de espuma persistente e abundante.

Tabela 1. Análise fitoquímica do extrato etanólico da casca do caule de *Ximenia americana* Linnaeus.

Teste Fitoquímico	Reação
Auronas	Negativa
Chaconas	
Flavononas	
Xantonas	
Antocianidinas	Positiva
Antocianinas	
Fenóis totais	
Flavonóis	
Saponinas	
Taninos Flababênicos	

Maikai, Kobo e Maikai (2010) obtiveram resultados positivos para alcalóides, antraquinonas, glicosídeos cardíacos, flavonóides, saponinas, taninos e terpenóides no extrato metanólico da casca do caule de *Ximenia americana* L. Enquanto isso, Matos (2007) obteve resultado positivo para: alcalóides flavonóides, saponinas e taninos, no extrato etanólico das folhas de *Ximenia americana* L. As diferenças entre os resultados obtidos neste trabalho e os da literatura decorrem de análises em diferentes partes da planta, além de local de cultivo e metodologias distintas.

Por meio do espectro de FTIR (Figura 5) foi possível identificar os grupos funcionais presentes no extrato etanólico da casca do caule da *Ximenia americana* Linnaeus, sugerindo os componentes presentes. A descrição dos grupos funcionais e a posição das bandas são apresentados na Tabela 2.

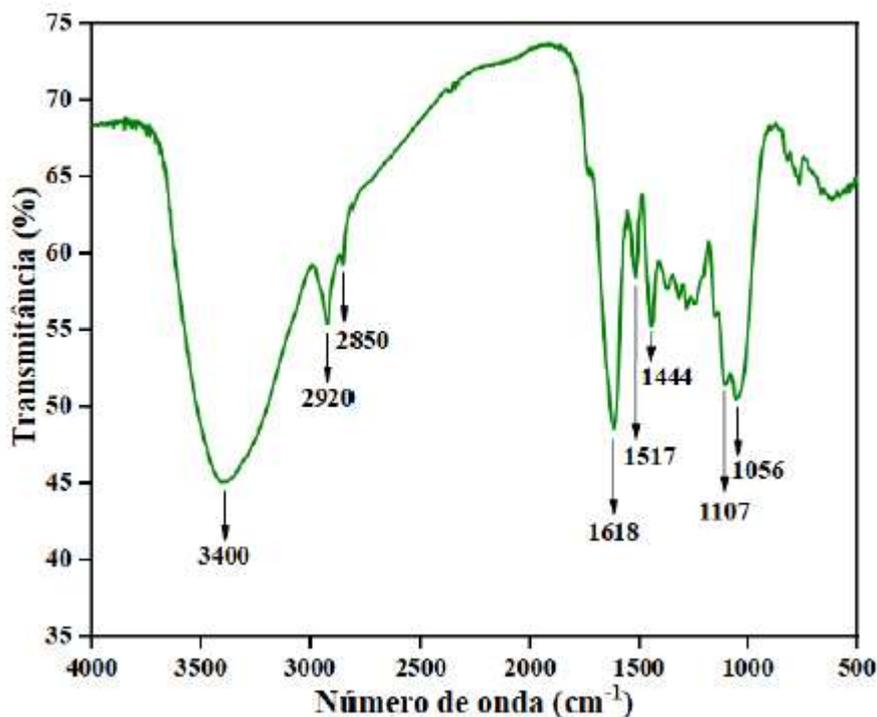


Figura 5. Espectro FTIR da casca do caule de Ximenia americana Linnaeus.

Banda (cm ⁻¹)	Grupo Funcional	Literatura
3600 – 3200	O–H	(SILVERSTEIN <i>et al.</i> , 2015; SKOOG; HOLLER; CROUCH, 2018)
2970 – 2850	C–H	
1680 – 1500	C=C	
1300 – 800	C–O	
1470 – 1340	C–H	(SKOOG; HOLLER; CROUCH, 2018)
995 – 675	C–H	
900 – 690	C–H	

Observa-se uma larga vibração entre 3700 a 2900 cm⁻¹, que correspondente ao estiramento do grupo OH, no qual pode ser atribuído a presença de moléculas de água e a grupos fenólicos que apresentam vibrações relacionadas ao OH em sua estrutura.

As vibrações em 2920 e 2850 cm⁻¹ são pertencentes a deformações simétricas do CH₃ pertencente a estrutura orgânica dos metabólitos secundários presentes. Há outras três vibrações do tipo deformação simétrica do CH₃ (1444 cm⁻¹) e mais dois estiramentos carbono-oxigênio C-O (1107 e 1056 cm⁻¹), além de vibrações com estiramento do tipo C=C são observadas em 1517 cm⁻¹ e 1618 cm⁻¹. Dessa forma, nota-se a presença de compostos oxigenados no extrato etanólico, sugerindo a existência de grupos polifenóis.

Quanto a avaliação da atividade antioxidante, determinou-se o potencial de redução do radical livre DPPH para o extrato etanólico da casca do caule de *Ximenia americana* Linnaeus. A Figura 6 mostra a regressão linear obtida a partir do cálculo de índice varredura (IV) versus a concentração, em que se obteve a equação da reta: $y = 5,616 + 0,287x$. A partir desta equação, foi possível determinar $EC_{50} = 154,65 \pm 0,06 \mu\text{g/mL}$.

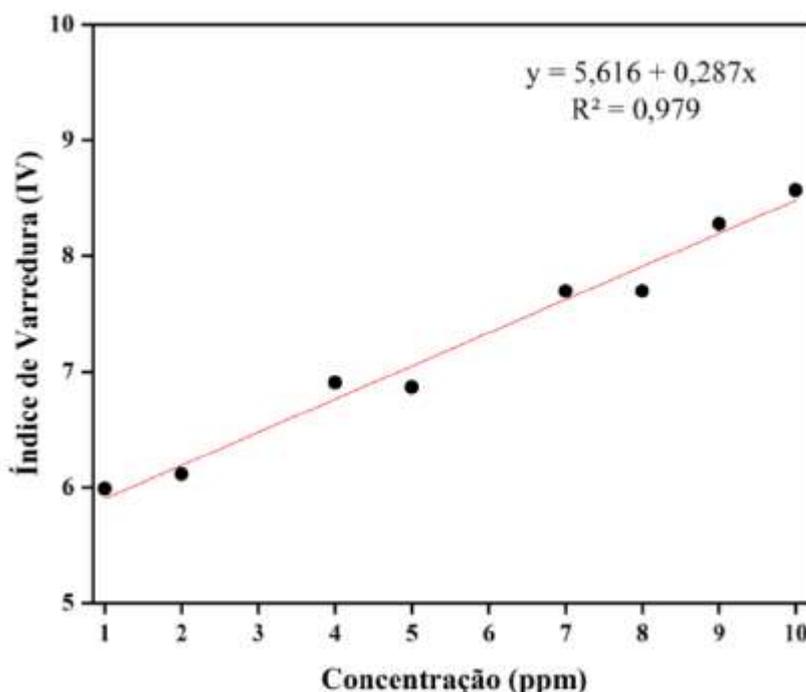


Figura 6. Reta de regressão linear da ação antioxidante do extrato etanólico da casca de *Ximenia americana* Linnaeus.

Uchôa *et al.* (2016) avaliaram a atividade antioxidante do extrato etanólico e frações (hexânica, diclorometânica, acetílica e hidroalcoólica) das folhas e casca do caule de *Ximenia americana* L., e obtiveram melhores resultados para a fração em acetato de etila ($29,62 \pm 2,91 \mu\text{g/mL}$) e extrato etanólico ($32,68 \pm 0,18 \mu\text{g/mL}$) da casca do caule. Dias (2010) analisou a atividade antioxidante pelo método DPPH do extrato etanólico e frações (clorofórmica, acetílica e aquosa), obtendo valores de EC_{50} de $32,7 \pm 0,2 \mu\text{g/mL}$, $84,2 \pm 3 \mu\text{g/mL}$ e $33,6 \pm 5,1 \mu\text{g/mL}$, respectivamente. Já Ferreira *et al.* (2011) avaliaram o potencial antioxidante, pelo método DPPH, do extrato metanólico e frações (clorofórmica e acetato de etila) das folhas de *Ximenia americana* L., encontrando EC_{50} de $7,71 \text{ mg/mL}$, $88,8 \text{ mg/mL}$ e $2,88 \text{ mg/mL}$.

As diferenças dos resultados obtidos em relação a literatura podem ser justificadas devido a mudança de solvente, forma de extração dos constituintes químicos, equipamento e concentração dos

reagentes. A capacidade de sequestrar radicais livres do extrato pode está relacionada a presença de compostos fenólicos na planta *Ximenia americana* L., conforme os resultados encontrados nas análises fitoquímica (Tabela 1) e os apresentados na literatura (ARAGÃO *et al.*, 2018; UCHÔA *et al.*, 2016).

No estudo proposto por Maikai (2011), foi observado uma grande quantidade de flavonóides presente no extrato metanólico da *Ximenia americana* L., responsável pela atividade antioxidante. Ainda, no estudo proposto por Uchôa *et al.* (2016) enfatizam que o extrato etanólico da casca e folha de *Ximenia americana* L. possui moléculas de epicatequina e quercetina que são tipos de flavonoides, corroborando para os resultados expostos pelas análises de FTIR, fitoquímica e atividade antioxidante.

Os resultados fitoquímicos e atividade antioxidante confirmam a presença de flavonóides no extrato etanólico, mas também o espectro de FTIR confirma a existência majoritária desse metabólito.

4. CONCLUSÃO

Identificou-se a ação antioxidante do extrato etanólico da casca do caule de *Ximenia americana* L. devido a presença de metabólitos identificados no FTIR e no teste fitoquímico. Faz-se necessário realizar mais estudos para melhor compreender os mecanismos de ação dos princípios ativos para uma possível aplicação na farmacologia. Sugere-se que novos estudos sejam realizados para: isolamento, identificação e avaliação da toxicidade das substâncias ativas para o organismo humano.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as agências de financiamento Capes, CNPq, FUNCAP e FAPEMA pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- ARAGÃO, T. P.; PRAZERES, L. D. K. T.; BRITO, S. A.; NETO, P. J. R.; ROLIM, L. A.; ALMEIDA, J. R. G. S.; CALDAS, G. F. R.; WANDERLEY, A. G. Contribution of Secondary Metabolites to the Gastroprotective Effect of Aqueous Extract of *Ximenia americana* L. (Olacaceae) Stem Bark in Rats. *Molecules*, vol. 23, no. 112, p. 1–18, 2018. <https://doi.org/10.3390/molecules23010112>.
- ARAÚJO, M. R. S.; ASSUNÇÃO, J. C. C.; DANTAS, I. N. F.; COSTA-LOTUFO, L. V.; MONTE, F. J. Q. Chemical constituents of *Ximenia americana*. *Natural Product Communications*, vol. 3, no. 6, p. 857–860, 2008. <https://doi.org/10.1177/1934578x0800300605>.
- ARAÚJO, M. R. S.; MONTE, F. J. Q.; BRAZ-FILHO, R. A new sesquiterpene from *Ximenia americana* Linn. *Helvetica Chimica Acta*, vol. 92, no. 1, p. 127–132, 2009. <https://doi.org/10.1002/hlca.200800289>.
- AUGUSTYNIAK, A.; BARTOSZ, G.; ČIPAK, A.; DUBURS, G.; HORÁKOVÁ, L.; ŁUCZAJ, W.; MAJEKOVA, M.; ODYSSEOS, A. D.; RACKOVA, L.; SKRZYDLEWSKA, E.; STEFEK, M.; ŠTROSOVÁ, M.; TIRZITIS, G.; VENSKUTONIS, P. R.; VISKUPICOVA, J.; VRAKA, P. S.; ŽARKOVIĆ, N. Natural and synthetic antioxidants: An updated overview. *Free Radical Research*, vol. 44, no. 10, p. 1216–1262, 2010. <https://doi.org/10.3109/10715762.2010.508495>.
- BIANCHI, M. L. P.; ANTUNES, L. M. G. Radicais livres eos principais antioxidantes da dieta. *Revista de Nutrição Campinas*, vol. 12, no. 2, p. 123–130, 1999. <https://doi.org/10.1248/jhs1956.35.P28>.
- DIAS, T. L. M. F. Estudo da atividade antinociceptiva e anti-inflamatória do extrato etanólico, frações e de uma epicatequina isolada da casca do caule da espécie *Ximenia americana* L (Olacaceae). 2010. Dissertação (mestrado em ciência da saúde)- Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2010.
- FERREIRA, P. A. T.; FALCÃO, M. J. C.; SIQUEIRA, S. M. C.; ALVES, M. D. S.; COSTA, I. R. S.; CAVALCANTI, E. S. B.; MORAIS, S. M.; XAVIER, C. T. A. DOS S. Prospecção Fitoquímica e atividade sequestradora de radicais livres de extratos das folhas da ameixa do mato (*Ximenia americana* L.). In 51º Congresso Brasileiro de Química, 2011, São Luís. Anais eletrônicos.
- JUNIOR, S. Q.; OLIVEIRA, R. L.; MARQUES, M. M. M.; SILVA, A. R. A.; GUEDES, M. I. F. Atividade de sequestro de radical livre dos extratos etanólicos das folhas de Anacardiaceae. *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde*, vol. 38, no. 1, p. 99–104, 2017. <https://doi.org/10.5433/1679-0367.2017v38n1p99>.
- KONÉ, W. M.; KAMANZI ATINDEHOU, K.; TERREAUX, C.; HOSTETTMANN, K.; TRAORÉ, D.; DOSSO, M. Traditional medicine in North Côte-d'Ivoire: Screening of 50 medicinal plants for antibacterial activity. *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 93, no. 1, p. 43–49, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.03.006>.
- LESJAK, M. M.; BEARA, I. N.; ORČIĆ, D. Z.; ANAČKOV, G. T.; BALOG, K. J.; FRANCIŠKOVIĆ, M. M.; MIMICA-DUKIĆ, N. M. *Juniperus sibirica* Burgsdorf. As a novel source of antioxidant and anti-inflammatory agents. *Food Chemistry*, vol. 124, no. 3, p. 850–856, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.07.006>.

MAIKAI, V. A. Antitrypanosomal Activity of Flavonoid Extracted from *Ximenia Americana* Stem Bark. Published by Canadian Center of Science and Education, vol. 3, no. 1, p. 115–121, 2011.

MAIKAI, V. A.; KOBO, P. I.; MAIKAI, B. V. O. Antioxidant properties of *Ximenia americana*. African Journal of Biotechnology, vol. 9, no. 45, p. 7744–7746, 2010. <https://doi.org/10.5897/AJB09.743>.

MATOS, F. J. A. Introdução à fitoquímica experimental. 3rd ed. [S. l.]: Fortaleza: UFC, 2009.

MATOS, F.J.A. Plantas medicinais. 3ª edição. Fortaleza: UFC, 2007.

MONTE, F. J. Q.; LEMOS, T. L. G.; ARAJO, M. R. S.; GOMES, E. S. *Ximenia americana*: Chemistry, Pharmacology and Biological Properties, a Review. Phytochemicals - A Global Perspective of Their Role in Nutrition and Health, no. November, 2012. <https://doi.org/10.5772/24242>.

QUINTANS-JÚNIOR, L. J.; ALMEIDA, R. N.; FALCÃO, A. C. G. M.; AGRA, M. F.; DE SOUSA, M. F. V.; BARBOSA-FILHO, J. M. Avaliação da atividade anticonvulsivante de plantas do Nordeste Brasileiro. Acta Farmaceutica Bonaerense, vol. 21, no. 3, p. 179–184, 2002.

SAVATOVIĆ, S. M.; ĆETKOVIĆ, G. S.; ČANADANOVIĆ-BRUNET, J. M.; DJILAS, S. M. Kinetic behaviour of the DPPH radical-scavenging activity of tomato waste extracts. Journal of the Serbian Chemical Society, vol. 77, no. 10, p. 1381–1389, 2012. <https://doi.org/10.2298/JSC120410065S>.

SILVA, A. R. A.; MORAIS, S. M.; MARQUES, M. M. M.; OLIVEIRA, D. F.; BARROS, C. C.; ALMEIDA, R. R.; VIEIRA, Í. G. P.; GUEDES, M. I. F. Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of two *Spondias* species from Northeastern Brazil. Pharmaceutical Biology, vol. 50, no. 6, p. 740–746, 2012. <https://doi.org/10.3109/13880209.2011.627347>.

SILVA, R. A. C.; LEMOS, T. L. G.; FERREIRA, D. A.; MONTE, F. J. Q. *Ximenia americana*: Chemical and Spectral Studies of Extracts of Seeds. Analysis of Trimethylsilyl Derivatives by Gas Chromatography and Mass Spectrometry. American Journal of Analytical Chemistry, vol. 07, no. 02, p. 192–202, 2016.

<https://doi.org/10.4236/ajac.2016.72016>.

SILVERSTEIN, R. M.; WEBSTER, F. X.; KIEMLE, D. J.; BRYCE, D. L. Spectrometric identification of organic compounds. [S. l.]: John Wiley & Sons, Inc., 2015.

SKOOG, D. A.; HOLLER, J. F.; CROUCH, S. R. Principles of Instrumental Analysis. [S. l.: s. n.], 2018.

UCHÔA, V. T.; MARCOS, C.; SOUSA, M.; CARVALHO, A. A.; GOULARD, A. E.; ANA, S.; CHAVES, M. H. Free radical scavenging ability of *Ximenia americana* L. stem bark and leaf extracts. vol. 6, no. 02, p. 91–96, 2016. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2016.60213>.

UTTARA, B.; SINGH, A. V.; ZAMBONI, P.; MAHAJAN, R. T. Oxidative stress and neurodegenerative diseases: a review of upstream and downstream antioxidant therapeutic options. Current neuropharmacology, vol. 7, p. 65–74, 2009.

Capítulo 5



10.37423/210904705

DESENVOLVIMENTO DE UMA IRRIGAÇÃO CONTROLADA POR IOT NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE UVAS

Brendo Junior Pereira Farias

UFCG - Universidade Federal de Campina Grande

João Victor Inácio dos Santos

UFCG - Universidade Federal de Campina Grande

José Walber Farias Gouveia

UFCG - Universidade Federal de Campina Grande

Diego Gomes de Sousa

UFCG - Universidade Federal de Campina Grande

Agenor Correia de Lima Júnior

UFCG - Universidade Federal de Campina Grande

Rômulo Augusto Ventura Silva

UFCG - Universidade Federal de Campina Grande

Ely Felix de Sá Carneiro

UFCG - Universidade Federal de Campina Grande

Tiago Gonçalves Pereira Araújo

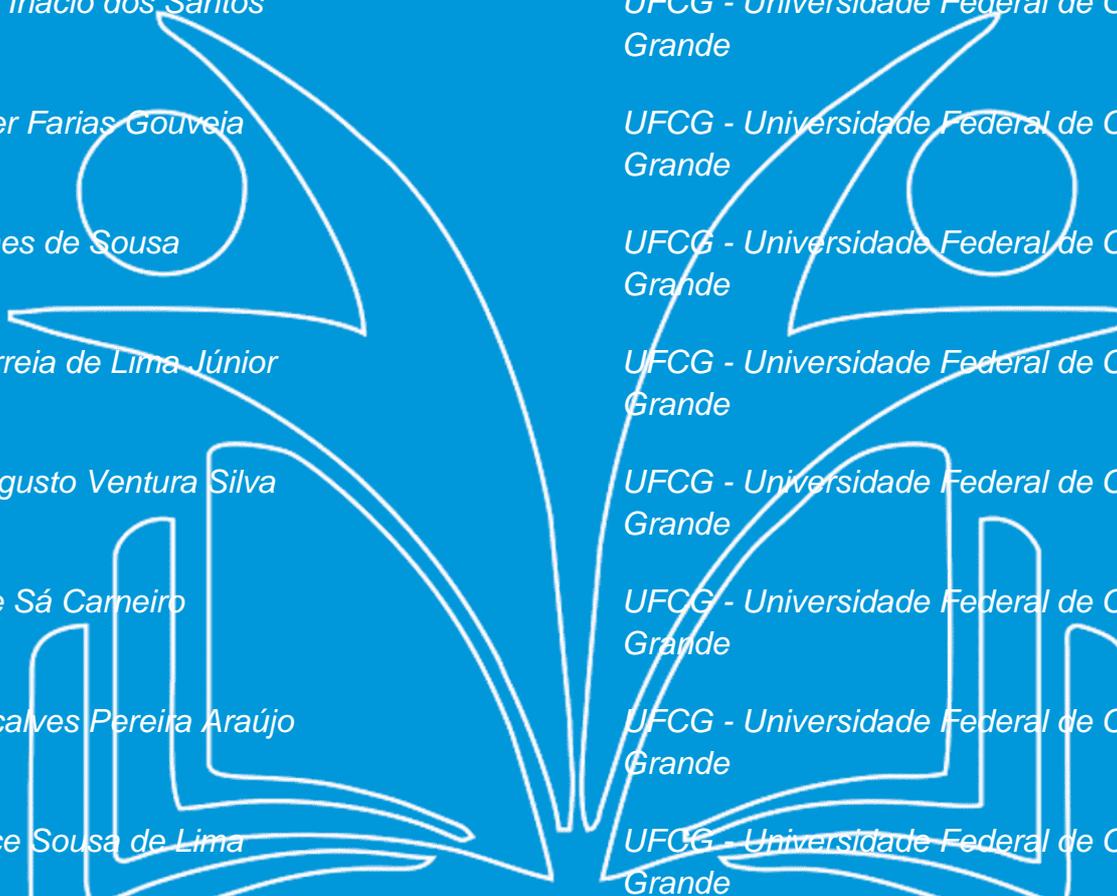
UFCG - Universidade Federal de Campina Grande

Levi Wallace Sousa de Lima

UFCG - Universidade Federal de Campina Grande

Ana Cristina Chacon Lisboa

UFCG - Universidade Federal de Campina Grande



INTRODUÇÃO

Os diferentes métodos de irrigação buscam a eficiência máxima na produção com o mínimo de água possível, com isso sendo um diferencial na irrigação por IoT (Internet of things), permitindo as possibilidades ao usuário de monitorar sua irrigação, receber informações de temperatura e umidade do solo, auxiliando a tomada de decisão a distância a partir de um smartphone, tablet ou algum outro equipamento mobile.

Uma das principais grandes áreas consumidoras de projetos baseados em IoT, é a agropecuária, ao mesmo tempo em que é um setor produtivo bastante evoluído, também apresenta um déficit quanto a aplicação de técnicas e tecnologias que promovam a melhoria, precisão e a automação de processos produtivos. (MUXITO et al., 2018)

Atualmente os sistemas de irrigação modernos são munidos com equipamentos microprocessados de alta tecnologia e precisão para monitorar e controlar diversas variáveis ambientais que garantem o desenvolvimento da cultura, porem são de alto custo e de difícil acesso ao pequeno agricultor (REIS, 2015).

Os fundamentos modernos da agropecuária de precisão, segundo a literatura, surgiram em 1929, nos Estados Unidos, mas o ressurgimento e disseminação da técnica, ocorreram somente na década de 80, quando microcomputadores, sensores, atuadores e sistemas de rastreamento terrestres ou via satélite foram disponibilizados e possibilitaram a difusão dos conceitos, de determinação e gestão eficiente da variabilidade espaço-temporal (EMBRAPA, 2016).

Um sistema de irrigação bem projetado, além de garantir um melhor desenvolvimento de culturas diversas, também proporciona um maior aproveitamento dos insumos, contribuindo para um menor impacto ao meio ambiente, minimizando o desperdício de água e energia através do uso eficiente (REIS, 2015).

Com o avanço da tecnologia e disponibilidade de equipamentos acessíveis e úteis para o agricultor, tem-se a necessidade de utilizar formas sustentáveis e tecnológicas na agricultura, afim de aumentar a produtividade e reduzir custos.

Com isso o uso das tecnologias na agricultura vem-se intensificando cada vez mais e logo será inevitável não fazer o uso de tais equipamentos, que trazem respostas rápidas e precisas, para a palma da mão a distâncias imensas do plantio.

Pensando nisso esse trabalho tem como objetivo automatizar um sistema de irrigação de mudras de uvas destinadas a produção de vinho, utilizando dispositivos IoT, fazendo o monitoramento e controle via mobile.

METODOLOGIA (OU MATERIAL E MÉTODOS)

A pesquisa foi desenvolvida na fazenda experimental da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido (CDSA), onde foram distribuídos numa green house 24 vasos com mudras de uvas das variedades Syrah, Violeta, Touriga e Patrícia todas destinadas a produção de vinho.

Os vasos foram organizados em duas linhas dispostas paralelamente, foi utilizado uma fita de gotejadora de 16mm com espaçamento de 20x20 cm, a água utilizada para a irrigação era armazenada numa caixa d'água de 1000 litros, oriunda de sistema hidro-sanitário proveniente de lavatórios, máquina de lavar roupas, tanques e chuveiros.

O sistema controlador da irrigação era composto por duas placas NodeMCU embarcada e conectada a uma rede WI-FI, onde as mesmas serviam para o monitoramento e controle da umidade e temperatura do solo e outra placa para acionar a válvula solenoide afim de fazer a abertura e fechamento da água para a irrigação tudo isso conectadas a uma rede WI-FI.

A placa que fazia o monitoramento das variáveis climáticas foi instalada a nível dos vasos e utilizado dois sensores, um de umidade do solo (higrômetro) e outro de temperatura do solo (termopar tipo T), fazendo a coleta dos dados dos sensores e enviando para o aplicativo e gerenciado tudo via mobile.

A outra placa ficava responsável pelo o acionamento de um modulo relé, esse modulo quem energizava a válvula, fazendo com que ela abrisse ou fechasse, neste estudo foi utilizada uma válvula solenoide (normalmente fechada) de ½ polegada acoplada a mangueira de irrigação.

No aplicativo foi utilizado o recurso de projeto, para fazer os dashboards, assim tendo uma interface gráfica esteticamente mais atrativa e com rápida visualização, foi optado pelo uso de dois medidores para fazer a visualização dos sensores, já para a válvula foi escolhido um botão para o acionamento da mesma. Além dos medidores e botão foi utilizado o recurso de gerar gráficos a partir dos dados dos sensores.

As conexões entre placas e o aplicativo só foi possível ser feita pela rede WI-FI, nesse caso aqui em particular foi utilizado um modem 3G com roteador WI-FI acoplado.

DESENVOLVIMENTO

Segundo SILVA et al. (2016) o uso sem controle da água pode promover problemas na disponibilidade dos recursos hídricos, sendo a água um dos recursos naturais mais importantes na vida humana, é de grande importância abordar a discussão entre homem e uso da água.

A sobrevivência das gerações futuras depende diretamente das decisões que hoje estão sendo tomadas (SILVA et al., 2016)

“Podemos elaborar projetos de irrigação que possam ser executados na agricultura, com o intuito de reduzir o gasto desnecessário da água, já que as perdas podem chegar até 70%” (IDOETA, 2015, p. 01).

Tratando-se de produção agrícola, há muitas variáveis a se controlar, assim como inúmeras etapas, equipamentos e aspectos de gestão para se cuidar. Entre os sistemas de grande importância, se destaca a irrigação, capaz de fornecer um elemento imprescindível para a planta, especialmente em épocas pouco chuvosas. Contudo, manejar a água de irrigação não é uma tarefa simples, podendo ser estendido ou resumido como: definir quando irrigar e quanto de água aplicar. Assim, a capacidade de monitorar e alterar conscientemente os parâmetros dessa irrigação torna-se de grande importância (GUIMARÃES, 2011).

Sistemas eletrônicos e autônomos permitem uma grande melhoria na aplicação de projetos já realizados para determinado plantio. A introdução deste elemento em uma produção agrícola reduz, não só problemas de caráter humano de má operação, como também o consumo de insumos e o custo de produção. Ainda sim, a complexidade de se realizar o manejo da produção é tão elevada, que é inviável se projetar sistemas completamente autônomos (GUIMARÃES, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os vasos foram organizados em duas linhas dispostas paralelamente, foi utilizado uma fita de gotejadora de 16mm com espaçamento de 20x20 cm, a água utilizada era liberada a partir do momento em que era acionado um botão (liga/desliga) via aplicativo, os condicionantes para tal tomada de decisão eram os valores dos sensores, que eram enviados a cada 30 minutos pelas placas para o aplicativo e permitia o monitoramento e controle da irrigação.

Mantínhamos os valores de umidade do solo sempre entre 60% e 95% o que garantia umidade suficiente para o bom desenvolvimento das plantas, a temperatura do solo também mantínhamos entre 19°C até no máximo 35°C, desta forma era acionado ou fechada a válvula solenóide.

Com base nessas informações geradas pelos sensores, podemos notar no estudo que a umidade e temperatura do solo tinham uma mudança brusca em seus valores a partir das 14:00 horas, assim a irrigação era acionada pelo aplicativo, fazendo justamente a abertura da válvula, todos os dias às 17:00 horas, desta forma conseguiu-se manter a temperatura e umidade entre faixas de temperatura e umidade estabelecido pelos manuais de cultivo de uvas.

Os gráficos gerados pelo aplicativo foram armazenados e gerados arquivos de texto (.CSV), sendo possível armazenar os dados nas nuvens, visualizar em navegadores e no aplicativo e baixar o arquivo para trabalhar off-line em planilhas Microsoft de Excel®.

A válvula solenoide não demonstrou nenhum problema quanto a ativação, assim que o botão era ativado no aplicativo a válvula acionava sem nenhum delay, a irrigação não teve nenhum entupimento e se mostrou eficiente, além de minimizar o uso da água evitou-se desperdícios e reduziu erros na hora de fazer a irrigação, pois a irrigação era acionada a distância e somente feita a partir que o usuário visse a necessidade de acioná-la.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Notou-se que a irrigação com dispositivos IoT é muito eficiente e possibilita maior controle sobre a irrigação, evitando falha humana, além de ser inovadora no que diz respeito a ser utilizada e monitorada por um smartphone a quilômetros de distância.

São equipamentos como esse que podem nos ajudar a ter um controle sobre nossos gastos desnecessários da água, sendo um recurso tão importante a vida.

Palavras-chave: Agricultura de precisão, Água residuária, Aplicativo.

REFERÊNCIAS

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Automação e Agricultura de Precisão. Versão 3.71.0. [S. l.], 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-mecanizacao-e-agricultura-de-precisao/nota-tecnica>. Acesso em: 6 nov. 2019.

GUIMARÃES, Vinícius Galvão. Automação e monitoramentoremoto de sistema de irrigação na agricultura. 2011. 91 p. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação) - UNIVERSIDADE DE BRASILIA Faculdade de Tecnologia, Brasília, 2011.

IDOETA, P.A. A agricultura é vilã ou vítima na crise hídrica? *bbc*, 2015. Disponível em: <http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/03/150302_agua_agricultura_pai>. Acesso em: 26 out.2019.

MUXITO, Ezequiel Manuel *et al.* IoT na Agricultura – Automação de Pivôs e Canais de Irrigação com Arduino e Webservice. III Congresso internacional Adventista de Tecnologia (CIAT), [s. l.], 2018. *E-book*.

REIS, J. S. Sistema de controle aplicado à automação de irrigação agrícola. 73p. Monografia (Graduação) – Tecnologia em Automação Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015.

SILVA, Eliézer Cláudio Ribeiro *et al.* AGRICULTURA IRRIGADA NO CONTEXTO AMAZÔNICO: UMA ABORDAGEM SISTEMÁTICA DO USO DA ÁGUA EM UMA HORTICULTURA NO MUNICÍPIO DE ALTAMIRA-PA. *Revista Internacional de ciências*, [s. l.], v. 6, ed. 1, 2016. DOI 10.12957/ric.2016.22926. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/ric/article/view/22926>. Acesso em: 5 nov. 2019

Capítulo 6



10.37423/210904710

AÇÃO INIBIDORA DO EXTRATO DE NONI (MORINDA CITROFILIA) EM PROCESSOS CORROSIVOS DE AÇOS CARBONO EM MEIO ÁCIDO

ANTONIA DANIELE SOUZA BRUNO COSTA

Centro Universitário 7 de Setembro - UNI7

Ciro Araújo Farias

Centro Universitário 7 de Setembro

Rodrigo Carvalho Souza Costa

*Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Ceará*

Francisco Eudásio Ferreira Batista

Centro Universitário 7 de Setembro - UNI7



Resumo: A corrosão é um processo espontâneo que podem ocorrer em diversos ambientes. Seu processo de deterioração é mais notório na indústria, afetando diversos materiais metálicos, em especial o aço carbono. Um dos meios de dirimir ou reduzir o processo corrosivo é a utilização de inibidores de corrosão. Contudo, esses inibidores são altamente tóxicos, o que dificulta seu manuseio e descarte. Uma solução para isso é a utilização de inibidores de origem vegetal, também denominados de inibidores verdes. Os inibidores verdes destacam-se por não serem tóxicos ao meio ambiente, serem provenientes de um recurso renovável, biodegradáveis, de baixo custo e não conterem metais pesados. O objetivo deste trabalho é avaliar a perda de massa sofrida pelo aço carbono 1020 exposta a ambiente de ácido (HCl, 0,1 M), bem como a eficiência de inibição na presença de um inibidor derivado do extrato de plantas, em outras palavras de um inibidor verde. Utilizou-se como inibidor, casca e a polpa + caroço do fruto do noni (*Morinda Citrifolia* L.). As amostras foram extraídas de um tarugo do aço carbono 1020. Para tanto discos desse aço foram. Posteriormente, foram feitos furos passantes nas amostras com uma broca de 2,8 mm. O extrato do inibidor foi preparado a partir de 100 g da casca e da polpa com sementes do noni (*Morinda Citrifolia*). Para o ensaio de perda de massa, algumas amostras foram imersas na solução em branco (somente HCl) e na solução de HCl com inibidor. As medidas de massa foram realizadas em intervalos de tempo de 1h, 2h, 3h e 4h, sendo medida antes e após a imersão na solução. Observou-se que a perda de massa do aço carbono aumentou com o tempo de exposição em solução de HCl (0,1 M), conhecido ensaio em branco. A taxa de corrosão (mm/ano), apesar de elevada, diminui com o tempo de exposição. Através dos resultados percebe-se que o extrato obtido a partir das cascas de Noni (*Morinda Citrifolia*) mostrou ser um inibidor natural de corrosão para o aço carbono 1020 em meio de ácido clorídrico 0,1 mol/L.

Palavras-chave: Inibidores verdes, corrosão, noni, aço carbono.

1. INTRODUÇÃO

A corrosão pode ser explicada como a deterioração do material, geralmente metálico, que se inicia na sua superfície por ação química ou eletroquímica de um meio oxidante, agravada, geralmente, por esforços mecânicos (VAZ *et al.*, 2011; GENTIL, 2014).

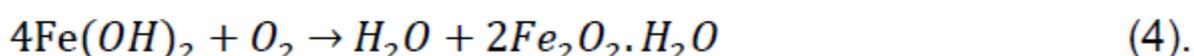
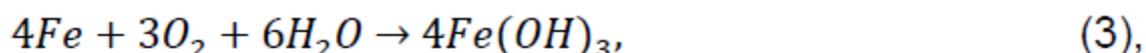
A deterioração causada pela corrosão representa alterações prejudiciais indesejáveis sofridas pelo material, tais como desgaste, variações químicas ou modificações estruturais que podem gerar grandes prejuízos financeiros e até gerar desastres ambientais (GENTIL, 2014).

Nos processos corrosivos, os metais reagem com elementos não-metálicos existentes no meio, em especial o oxigênio e o enxofre, gerando compostos semelhantes aos encontrados na natureza, dos quais foram extraídos. Pode-se deduzir, por conseguinte, que nesses casos a corrosão condiz com o inverso dos processos metalúrgicos (NUNES, 2007).

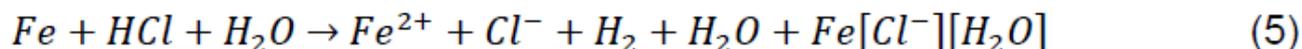
O ferro e suas ligas são os materiais de construção mecânica mais sujeitos e mais sensíveis a ação dos meios corrosivos. O tipo mais comum de corrosão do ferro envolve o processo eletroquímico de oxidação metálica. Tem-se, então, a remoção de elétrons de um átomo, expressa pelas Equações (1) e (2) (GARCIA e SANTOS, 2013):



Como resultados dessas reações, ocorrem outras reações, dentre as quais destacam-se a formação de um óxido hidratado de ferro que é denominado popularmente de “ferrugem”, conforme pode ser observado nas Equações (3) e (4):



Além da umidade, as ligas ferrosas podem ser expostas há ambiente ácidos como ocorre em sistemas produtivos de petróleo e gás que utilizam HCl nos processos de acidificação dos poços realizadas para estimular a produção do reservatório ou) para remover incrustações presente no sistema. Então, a reação global do HCl com o aço é apresentada pela Equação (5) (GARCIA e SANTOS, 2013).



Os processos corrosivos podem ser classificados em dois grandes grupos, abrangendo quase todos os casos de deterioração por corrosão (NUNES, 2007):

- corrosão eletroquímica: é o processo de corrosão mais frequente na natureza que ocorre em presença de água líquido, tendo a formação de pilhas ou células de corrosão;
- corrosão química: é o processo que se realiza na ausência de água, geralmente em temperaturas elevadas (temperatura superior ao ponto de orvalho), devido à interação direta entre o metal e o meio corrosivo.

Além dessa classificação os tipos de corrosão podem ser classificados de acordo com a morfologia da superfície corroída, sendo as principais (NUNES, 2007):

- corrosão uniforme: ocorre quando a corrosão se processo de modo praticamente uniforme em toda a superfície atacada;
- corrosão por placas: ocorre quando os produtos de corrosão se formam em placas que se desprendem progressivamente;
- corrosão alveolar: ocorre quando o desgaste provocado pela corrosão sob forma localizada, com aspecto de crateras;
- corrosão por pites: quando o desgaste se dá de forma muito localizada e de alta intensidade, geralmente com profundidade maior que o diâmetro;
- corrosão intergranular ou intercrystalina: quando o ataque se manifesta no contorno dos grãos, como nos casos dos aços inoxidáveis austeníticos sensitizados, expostos a meios corrosivos;
- corrosão transgranular ou transcrystalina: ocorre quando o fenômeno se manifesta sob a forma de trincas que se propagam pelo interior dos grãos do metal, como no caso da corrosão sob tensão de aços inoxidáveis austeníticos.

Muitos métodos são utilizados para avaliar a corrosão, no entanto, somente alguns deles estão normalizados. Desses, os mais conhecidos e provavelmente os mais aceitos pela indústria são os ensaios de exposição à névoa salina e por imersão (VAZ *et al.*, 2011).

A resistência a corrosão dos materiais metálicos está relacionada ao fato de eles serem expostos ao meio corrosivo, mostrando taxa de corrosão baixa e bem controladas. Essa resistência pode decorrer

de características próprias do material ou ser conferida por métodos de proteção anticorrosiva (NUNES, 2007).

Controlar a corrosão significa, portanto, em se obter o controle de sua velocidade. Esse controle é feito interrompendo o funcionamento de pilhas no caso da corrosão eletroquímica e do crescimento da película no caso da corrosão química (NUNES, 2007).

Basicamente o controle da corrosão se baseia nos seguintes aspectos (JAMBO E FÓFANO, 2008; CHIAVERINI, 2014; CALLISTER, 2018):

- seleção de materiais e projeto adequado: trata-se de escolher o material mais resistência corrosão ao meio proposto, o que pode tornar o projeto bastante oneroso;
- modificação do meio: pode-se modificar o pH do meio, diminuir a temperatura, diminuir a velocidade (para sistema que trabalhe com fluidos em movimento), remoção de oxigênio, modificação da concentração, ou filtrar o meio para evitar processos de erosão-corrosão, de maneira a diminuir a capacidade corrosiva do sistema;
- modificação da interface: é na interface metal/meio que ocorrem as reações de oxidação do metal, podem ser desde a aplicações de películas protetoras na superfície metálica ou uso de inibidores.

Um método bastante eficaz para o controle da corrosão é o uso de inibidores. Trata-se de substâncias ou mistura de substâncias que, quando presente em concentrações ideais, em meio corrosivo, eliminam ou reduzem a velocidade de corrosão. Esses métodos de controle de corrosão podem ser classificados como (GENTIL, 2014):

- quanto à composição: inibidores orgânicos e inorgânicos;
- quanto ao comportamento: inibidores oxidantes, não-oxidantes, anódicos, catódicos e de adsorção.

Para que a utilização dos inibidores seja satisfatória, é preciso considerar, quatro aspectos, descritos a seguir. O primeiro corresponde às causas da corrosão no sistema, com o intuito de identificar os problemas que podem ser solucionados com o uso de inibidores. Em segundo lugar, vem os custos de sua utilização, para verificar se excede ou não o das perdas originadas pelo processo corrosivo. Em seguida, vêm as propriedades e os mecanismos de ação dos inibidores a serem usados, a fim de verificar ser compatível com o processo em operação e com os materiais metálicos utilizados. Por último, as condições adequadas de adição e controle (GENTIL, 2014).

Além disso, em virtude das crescentes demandas da indústria preocupada com novas políticas ambientais, tem-se procurado novos tipos de inibidores para substituir os tradicionais derivados do petróleo; os quais, embora eficientes, são geralmente tóxicos. Por essa razão há diversas pesquisas acerca de novos inibidores de origem orgânica, os chamados “inibidores verdes”. Então, diversos extratos de produtos naturais passaram a ser testados como matéria ativa para a formulação de inibidores de corrosão (GUEDES, 1996).

Almeida (2012) e Peres *et al.* (2019), por exemplo, estudaram a eficiência de inibidores feitos a partir de óleo de coco em aços carbono 1020 expostos à solução corrosivas. Kodama e Hotsumi (2011), por sua vez, investigaram o efeito de inibidores produzidos a partir do extrato da casca de romã e de uva para o aço carbono 1010 em meio de HCl 2,0 mol/L. Outro exemplo foi a utilização do extrato de hibisco-colibri como inibidor verde para aços carbono em meio ácido (VALBON *et al.*, 2019)

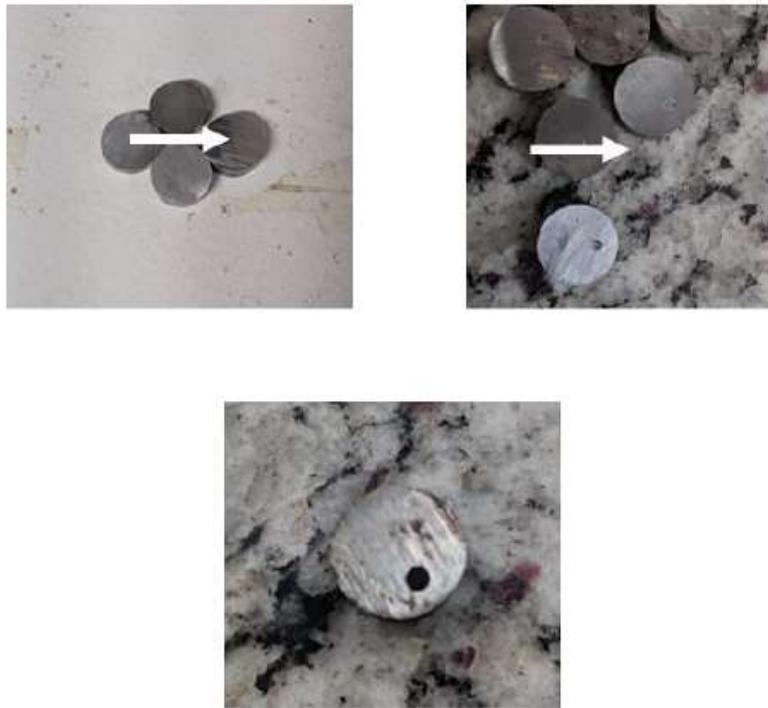
A vantagem dos inibidores verdes está no fato de não serem tóxicos ao meio ambiente, pois são provenientes de matéria orgânica, portanto renováveis e serem biodegradáveis (FELIPE *et al.*, 2013). Em geral os inibidores verdes atuam como “revestimento metálico” criando uma película sobre a superfície do metal fazendo com que ocorra a inércia de elétrons assim prevenindo a corrosão, podendo inibir as reações de dissolução do metal, reações de redução das espécies oxidantes presentes no meio corrosivo (GUEDES, 1996). Portanto a eficiência dos inibidores depende a afinidade da estrutura orgânica com o material metálico (GUEDES, 1996; KUZNETSOV,1996).

Neste trabalho foi investigado a ação inibidora do fruto (casca, polpa e semente) do noni (*Morinda Citrifolia L.*) de aços carbonos 1020 em meio de 0,1 M de HCl. Para tanto, foram realizados ensaios de perda de massa para cada uma das partes do noni, sendo, posteriormente, calculados a taxa de corrosão e a eficiência de inibição.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O corte do corpo de prova do aço carbono 1020 foram cortados com as dimensões de: 4,75 mm de comprimento e 12,68 mm de diâmetro de 12. Em seguida foi feito um furo no corpo de prova com diâmetro de 3 mm para passar um fio de nylon, de modo a deixar o corpo suspenso e imerso dentro do ácido para verificar sua atuação em todas as extremidades. O processo de fabricação pode ser visto na Figura 1.

Figura 1: Produção do corpo de prova



Fonte: Elaboração própria

A fabricação dos extratos começa com a seleção das frutas do noni (*morinda citrifolia L.*). O noni escolhido para o ensaio químico estava fora do período de colheita, não estando pronto para o consumo. Por causa disso, durante o processo de produção dos extratos não foi possível separar a polpa do seu caroço, conforme apresentado na Figura 2. A casca, por outro lado teve uma fácil remoção e conseguiu passar por todos o processo da criação do extrato. Desta forma, neste trabalho foram preparados a dois extratos, um a partir da casca e outro a partir da polpa + caroço.

Figura 2: Noni fora do período de consumo



Fonte: Elaboração própria

Depois a separação das partes, foram misturadas em uma proporção de 1 g de parte da fruta para 2 mL de água destilada. A mistura foi levada ao forno pré-aquecido a 80 C°, por 30 minutos. Essa temperatura garante que as partes das frutas terão seus poros abertos e não sofram o processo desnaturação das proteínas.

Após o período de 30 minutos, a mistura foi filtrada para reter as partículas maiores, sendo novamente aquecida no forno para evaporar à água destilada e conseguir um concentrado para criar o extrato.

Em seguida, o concentrado foi novamente diluído em água, com a proporção de 1g de concentrado para 1000ml de água destilada. A mistura foi executada com auxílio do agitador magnético, posteriormente, foi armazenada em uma câmara fria com uma temperatura média de 8 C°.

Os ensaios químicos consistem imersão do SAE 1020 no ácido HCl e na solução de HCl + inibidor preparados a partir da poupa + caroço e da casca. O período de realização dos ensaios foram de 1, 2, 3 e 4 h de imersão como pode ser vista na Figura 3. Todos os experimentos foram realizados em triplicata.

Figura 3: Ensaio de Imersão dos corpos de prova



(a) HCl (0,1 M)

(b) HCl (0,1M) + Inibidor

Fonte: Elaboração Própria

A pesagem de massa foi realizada a cada hora transcorrida, sendo verificado a perda de massa e calculada a porcentagem de inibição de cada parte. Para avaliar os danos oriundos de processos corrosivos por meio da taxa de corrosão, utiliza-se a Equação 6 (GENTIL,2011; NUNES,2007):

$$T.C = \frac{K*W}{A*T*D} \quad (6),$$

em que T.C é a Taxa de corrosão (mm/ano), K é a constante do material, W é massa perdida (g), A é área em cm², T é o tempo de exposição (h) e D é a densidade do material.

Para o calcular a taxa de corrosão, foram utilizados três valores fixos: a constante K para o SAE 1020 é 8,76x10⁴ (mm/ano), a densidade do SAE 1020 é 7,86 e a área (GENTIL,2011).

A área total (A) em cm² pode ser calculada pela Equação 7:

$$A = (2 * A_{base\ ext} + h_{ext} + h_{int}) - (2 * A_{base\ int}) \quad (7),$$

em que $A_{base\ ext}$ é a base externa do corpo de prova, h_{ext} é a altura externa, h_{int} é a altura interna por onde passa o fio de nylon e $A_{base\ int}$ representa parte retirada do corpo de prova no momento da furação da broca. Considerando as dimensões do corpo de prova, a área total das amostras foi de 3,6726 cm².

3. RESULTADOS

A partir da pesagem de massa das amostras antes e após o ensaio de imersão, foram calculadas a perda de massa e da taxa de corrosão (mm/ano). A perda de massa, obtida pela diferença da massa inicial de cada amostra e da massa após o ensaio de imersão no branco (HCl com concentração de 0,1 M), pode ser visualizada na Tabela 1. Nessa tabela são apresentados ainda a taxa de corrosão de cada amostra ensaiada.

Tabela 1: Perda de massa dos corpos de prova, em diferentes intervalos de tempo, após a imersão no branco.

Amostra (Tempo de Exposição)	Perda de Massa					Taxa de corrosão (mm/ano)
	Corpo 1	Corpo 2	Corpo 3	Média	Desvio Padrão	
M1 (1h)	0,0021	0,0020	0,0024	0,0022	0,0002	6,575
M2 (2h)	0,0032	0,0037	0,0056	0,0042	0,0013	6,322
M3 (3h)	0,0039	0,0056	0,0087	0,0061	0,0024	6,137
M4 (4h)	0,0047	0,0066	0,0100	0,0071	0,0027	5,386

Fonte: Elaboração própria

A taxa de corrosão (mm/ano), apesar de elevada, diminui com o tempo de exposição. A agressividade do meio pode ser confirmada pela utilização do ensaio em branco. O aço carbono nessas condições apresentou corrosão uniforme (em toda sua extensão) e muito severa (taxa de corrosão > 0,25 mm/ano). Essa classificação é definida pela norma NACE RP 0775.

Os resultados de perda de massa de amostras expostas a solução de HCl + inibidor produzido a partir da casca do noni são apresentadas na Tabela 2, bem como a taxa de corrosão e o percentual de inibição obtido no experimento. Pelos resultados, constata-se que há uma tendência da redução da taxa de corrosão com o tempo de exposição. O percentual de inibição do extrato obtido da casca aumenta com o tempo de exposição.

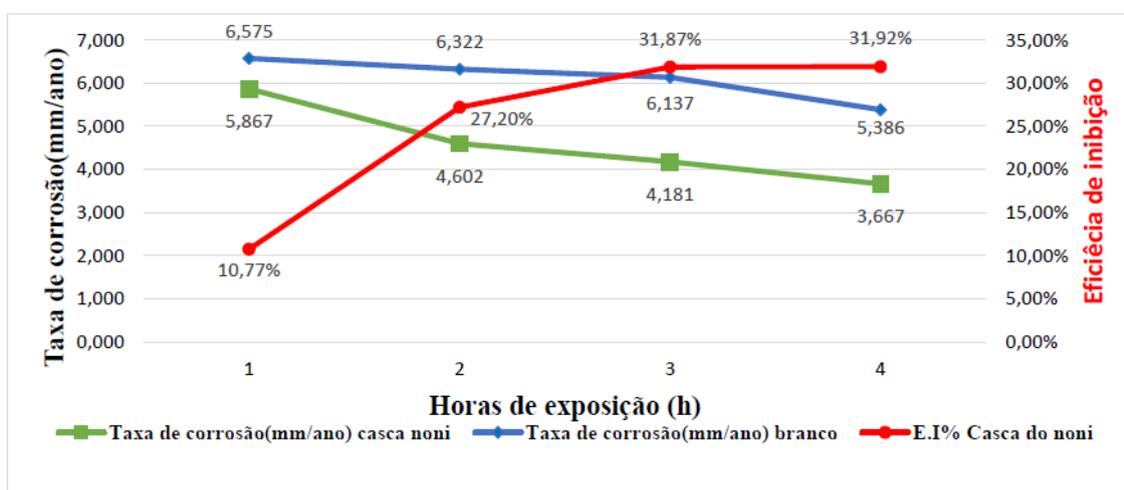
Tabela 2: Inibição do processo corrosivo com inibidor obtido a partir da casca do noni

Amostra (Tempo de exposição)	Perda de Massa					Taxa de corrosão (mm/ano)	Percentual de inibição
	Corpo 1	Corpo 2	Corpo 3	Média	Desvio Padrão		
M1 (1h)	0,0024	0,0011	0,0023	0,0019	0,0007	5,867	10,77%
M2 (2h)	0,0027	0,0020	0,0044	0,0030	0,0012	4,602	27,20%
M3 (3h)	0,0039	0,0035	0,0050	0,0041	0,0008	4,181	31,87%
M4 (4h)	0,0045	0,0041	0,0059	0,0048	0,0009	3,667	31,92%

Forte: Elaboração própria

No Gráfico 1, é feita uma comparação dos resultados da taxa de corrosão do material quando imerso na solução branca com as taxas de corrosão durante a imersão em solução de HCl + extrato da casca do noni.

Gráfico 1: Eficiência de inibição da casca do noni



Fonte: Elaboração própria

Através deste resultado, percebe-se que os valores são menores quando adicionado o inibidor na solução ácido. Nesse gráfico, também é possível visualizar a evolução da eficiência de inibição com o tempo de duração do ensaio.

O extrato de polpa + caroço apresentou eficiência de inibição satisfatória com o tempo de exposição reduzindo a taxa de corrosão em comparação com o branco podendo ser observado na Tabela 3. Nessa tabela, pode-se observar ainda a perda e massa e a taxa de corrosão. Através dos resultados é possível constatar que há uma tendência de diminuição da taxa de corrosão com o tempo de exposição a solução de HCl + inibidor. A eficiência de inibição também aumenta com o tempo de exposição.

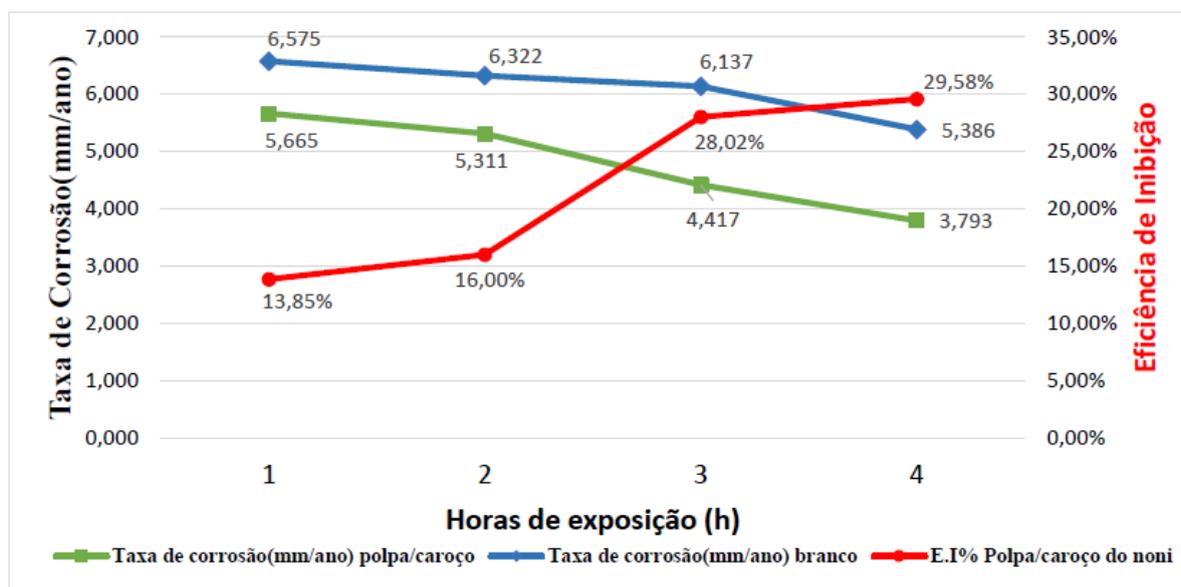
Tabela 3: Inibição da polpa e caroço do noni

	Perda de Massa					Taxa de corrosão (mm/ano)	Percentual de inibição
	Corpo 1	Corpo 2	Corpo 3	Média	Desvio Padrão		
M1	0,0015	0,0033	0,0008	0,0019	0,0013	5,665	13,85%
M2	0,0029	0,0059	0,0017	0,0035	0,0022	5,311	16,00%
M3	0,0036	0,0070	0,0025	0,0044	0,0023	4,417	28,02%
M4	0,0041	0,0078	0,0031	0,0050	0,0025	3,793	29,58%

Forte: Elaboração própria

No Gráfico 2, é feito uma comparação entre a taxa de corrosão do aço quando exposta à solução branco e quando exposta à solução com a presença de inibidor.

Gráfico 2: Taxa de Corrosão e Eficiência de Inibição do extrato obtido com a polpa e o caroço do noni



Fonte: Elaboração própria

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir com os resultados obtidos que os extratos obtidos da casca do noni e da polpa + caroço que ambos se mostraram eficientes no processo de inibição do processo corrosivo do aço carbono 1020 em meio de ácido clorídrico. Há uma tendência de redução na taxa de corrosão do aço e aumento da eficiência de inibição com o tempo de exposição em ambos os extratos. Novos estudos do fruto noni devem ser realizados na sua condição verde, ainda não maduro, a fim de investigar o efeito da polpa e o do caroço, separadamente, no processo de inibição da corrosão.

5. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. C. Avaliação de Inibidores Verdes Microemulsionados na Inibição à Corrosão do Aço Carbono AISI 1020. Natal, 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais). Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- CALLISTER, W. D. Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. 9ª. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S. A. – LTC, 2018.
- CHIAVERINI, V. Tecnologia Mecânica, vol III: Processos de Fabricação e Tratamento. 2ª Edição. São Paulo: Pearson Education do Brasil Ltda, 2014.
- FELIPE, M. B. et al. Aspectos gerais sobre corrosão e inibidores vegetais. Revista Virtual de Química, 5 (4), 746-758, 2013.
- GARCIA, I. P.; SANTOS, A. R. Aplicação de Inibidores de Corrosão na Indústria de Petróleo e Gás. Unisanta Science and Technology, v. 6, p. 19-23, 2013.
- GENTIL, V. Corrosão. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC - LIVROS TÉCNICOS E CIENTÍFICOS EDITORA S.A, 2014.
- GUEDES, I. C. Eficiência dos inibidores de corrosão benzotriazol, nfeniltiouréia e cloreto de hexadeciltrimetil amônio quaternário para ferro puro, aço carbono e aço ARBL em meio de ácido sulfúrico. Tese (Doutorado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.
- JAMBO, H. C. M.; FÓFANO, S. Corrosão: Fundamentos, Monitoração e Controle. Edição Revisada. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2008.
- KODAMA, A. L.; HOTSUMI, T. N. Investigação e Caracterização de Produtos Naturais como Inibidores de Corrosão Atóxicos para o Aço Carbono em Meio de Ácido Clorídrico. São Paulo: 2011. Monografia (Graduação em Engenharia Química). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- KUZNETSOV, Y. Organic inhibitors of corrosion of metals. New York and London: Plenus Press, 1996.
- NACE RP 0775, Preparation, Instalation, Analysis and Interpretation of Corrosion Coupons in Oilfield Operations, 1999.
- NUNES, L. de P. Fundamentos de resistência à corrosão. Rio de Janeiro: INTERCIÊNCIA LTDA; Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (IBP); ABRACO - Associação Brasileira de Corrosão, 2007.
- PERES, J. et al. Estudo da eficiência do *Orbignya oleífera* como inibidor verde de corrosão para o aço com baixo teor de carbono comparado com inibidor comercial em solução HCl 1 M. Revista Matéria, vol. 24, nº 03, 2019.
- VALBON, A. et al. Extrato de hibisco-colibri como inibidor verde de corrosão de aço-carbono em ácido sulfúrico. Química Nova, Vol. 42, nº 07, pp. 797 – 802, 2019.
- VAZ, E. L. et al. Um método para avaliar a taxa de corrosão. Química Nova, v. 34, n. 7, p. 1288-1290, 2011.

Capítulo 7



10.37423/210904711

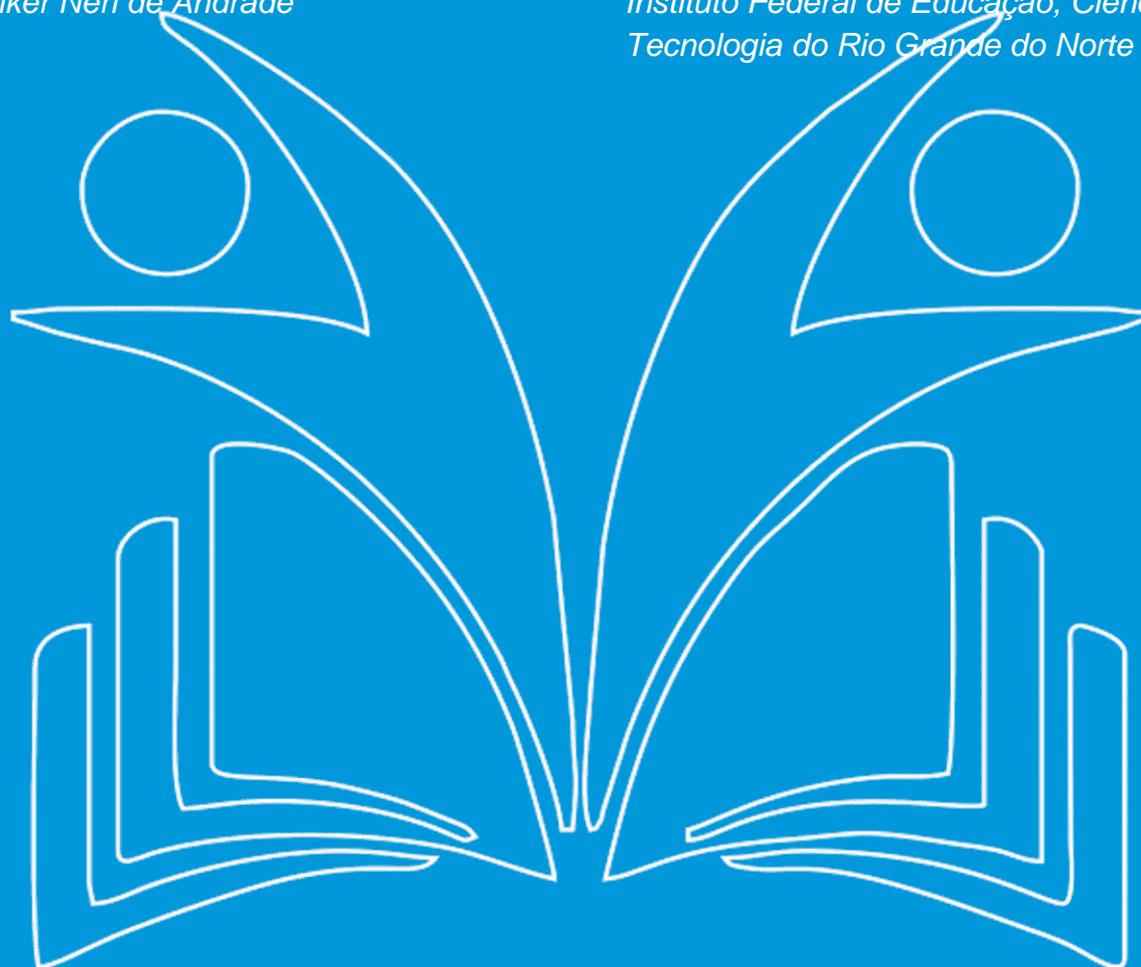
AÇUDE DE LUCRÉCIA/RN: VULNERABILIDADES E ESCASSEZ

José Weniston Dias

*Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN*

Rômulo Wilker Neri de Andrade

*Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN*



Resumo: Uma das maiores crises hídricas vivenciada no país teve seu ápice os últimos 10 anos, revelando a necessidade de maiores estudos e demanda por adoções de medidas quanto ao planejamento do uso e ações de manutenção dos reservatórios de água. Num cenário microrregional, especificamente da região Oeste, interior do Rio Grande do Norte, a mesma motivação se aplica e torna-se ainda mais veemente, dadas às limitações climáticas, falta de políticas públicas e o mal-uso pela população das pequenas cidades. O Açude Lucrécia está amplamente inserido nesse contexto. Numa região comumente assolado pela seca, manter um açude em condições adequadas e racionalizar o seu uso, torna-se uma medida prioritária para garantir qualidade de vida. Por se tratar de um reservatório de extrema importância para a cidade de Lucrécia/RN e municípios vizinhos, torna-se evidente a demanda de estudos e levantamento de informações técnicas para acompanhar e compreender os fatores que envolvem o uso e cuidados para a manutenção deste bem. Para tanto, o objetivo principal deste trabalho, busca analisar as vulnerabilidades hídrica e social do Açude Lucrécia, por meio da caracterização do ambiente em que está inserido, das ações de manutenção empregadas e das formas de uso da água. Ao considerar o volume estimado de consumo anual dos municípios, pode-se aferir uma demanda de distribuição de 405.672,00m³/ano, esse valor confrontado com o volume disponível do Açude Lucrécia até o período limiar ao colapso hídrico (2014-2015), demonstra que o pior estava para acontecer, mas não houve medidas de retardamento. Com isso, pode-se perceber a necessidade por maior empenho e maior racionalidade na gestão dos recursos naturais em geral e principalmente da água pelo poder público e sociedade em geral.

Palavras-chave: Açude Lucrécia, Colapso hídrico, Uso da água.

INTRODUÇÃO

Uma das maiores crises hídricas vivenciada no país teve seu ápice no ano de 2017, revelando a necessidade de maiores estudos e demanda por adoções de medidas quanto ao planejamento do uso e ações de manutenção dos reservatórios de água que atendem a população brasileira (ALVES, 2017).

Num cenário microrregional, especificamente da região Oeste, interior do Rio Grande do Norte (RN), a mesma motivação se aplica e torna-se ainda mais veemente, dadas às limitações climáticas, falta de políticas públicas e o mal-uso pela população das pequenas cidades, uma vez que os reservatórios são na maioria das vezes o grande aporte para o desenvolvimento de atividades como agricultura e piscicultura.

É neste cenário que se aplica a importância do presente estudo – junto às ações políticas – como instrumento de planejamento, estruturação e proteção desses reservatórios para mitigar os efeitos de estiagens cada vez mais recorrentes e prolongadas, fornecendo subsídios para intervenções quanto ao uso e cuidados com estes reservatórios.

O Açude Lucrecia está amplamente inserido nesse contexto. Numa região comumente assolado pela seca, manter um açude de volume considerável em condições adequadas e racionalizar o seu uso, torna-se uma medida prioritária para garantir qualidade de vida à toda população beneficiada.

Assim, buscar-se-á entender as vulnerabilidades decorrentes do uso, dependência e dos fatores climáticos, geográficos e ambientais na atmosfera em que se insere o Açude Lucrecia, que pela primeira vez em sua história, encontrou-se totalmente vazio, acarretando em mudanças drásticas na vida cotidiana de milhares de pessoas que usufruíam das águas do reservatório.

Por se tratar de um reservatório de extrema importância para a cidade de Lucrecia/RN e municípios vizinhos, torna-se evidente a demanda de estudos e levantamento de informações técnicas para acompanhar e compreender os fatores que envolvem o uso e cuidados empregados para a manutenção deste bem tão essencial.

Para tanto, tem-se por objetivo principal deste trabalho, buscar analisar as vulnerabilidades hídrica e social do Açude de Lucrecia, por meio da caracterização do ambiente em que está inserido, das ações de manutenção empregadas e das formas de uso da água.

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste artigo, constitui-se em uma pesquisa bibliográfica e documental, com foco na pesquisa de elementos geográficos, buscando informações sobre dados hídricos, permitindo a compreensão da realidade local e dos atores envolvidos no uso e manutenção do Açude de Lucrécia.

O tratamento dos dados partiu das informações mensais de consumo de água, os quais se referem aos consumos médios efetivos, já que foram a partir das leituras dos hidrômetros, e referentes cidades abastecidas pelo Açude Lucrécia. Assim, calculou-se o consumo de água mensal por ligação ativa, permitindo a análise dos dados no contexto histórico.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Visando o estabelecimento de parâmetros de disponibilidade hídrica per capita, a Organização Mundial de Saúde – OMS (2000), desenvolveu um estudo baseado no volume existente de água em diversas regiões do planeta, onde considerou:

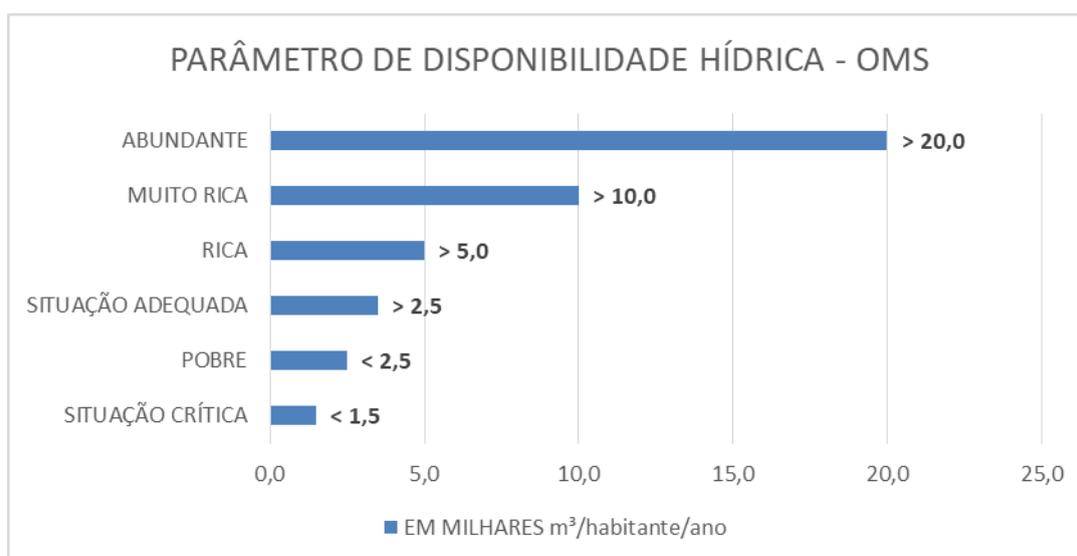


Gráfico 2 – Parâmetros de disponibilidade hídrica pela OMS.

Fonte: Organização Mundial da Saúde, 2000.

No cenário nacional, segundo dados do início do século XXI da Agência Nacional de Águas, nos termos estabelecidos pelo parâmetro de disponibilidade hídrica, os estados brasileiros foram classificados da seguinte forma:

DISPONIBILIDADE HÍDRICA PER CAPITA (m ³ /hab/ano)	ESTADOS	SITUAÇÃO
> 20.000	AC, AM, AP, GO, MS, MT, PA, RO, RR, RS e TO	ABUNDANTE
> 10.000	MA, MG, SC e PR	MUITO RICA
> 5.000	ES e PI	RICA
> 2.500	BA e SP	SITUAÇÃO ADEQUADA
< 2.500	CE, RJ, RN, DF, AL e SE	POBRES
< 1.500	PB e PE	SITUAÇÃO DE RISCO

Tabela 1 – Classificação dos estados brasileiros pelo parâmetro de disponibilidade hídrica pela OMS.

Fonte: Autores, 2018.

Decorridas quase duas décadas, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) demonstrou que 15 das 27 unidades federativas do Brasil tiveram redução da disponibilidade diária de água fornecida pela rede geral ao longo de 2017. Das cinco regiões brasileiras, o Nordeste, assim como sul, norte e centro oeste, registrou queda (PORTAL G1, 2018).

O estado do Rio Grande do Norte, no cenário nordestino, apresentou o segundo menor índice, onde apenas 56,6% dos domicílios recebiam água diariamente no ano de 2017. Os dados apresentados são alarmantes e impõem a necessidade de se repensar o consumo da água em toda sua cadeia.

CENÁRIO HÍDRICO NO RIO GRANDE DO NORTE

A crise hídrica nacional pode ser associada a uma conjuntura de fatores. No Rio Grande do Norte, essa realidade é fruto de associação de fatores climáticos, características geográficas e pode-se dizer que pela ineficiência da gestão de recursos hídricos, juntamente com a ausência de políticas públicas que propiciem o acesso igualitário.

Com recursos hídricos limitados, uma vez que o volume dos reservatórios do estado, apresentam uma redução significativa e grande número em colapso recentemente, o setor econômico e principalmente social, sofrem forte impacto pela ausência ou pela diminuição drástica do acesso a água.

De forma corroborativa, a Agência Nacional das Águas registrou o decréscimo dos volumes de armazenamento dos reservatórios do Rio Grande do Norte nos últimos anos.

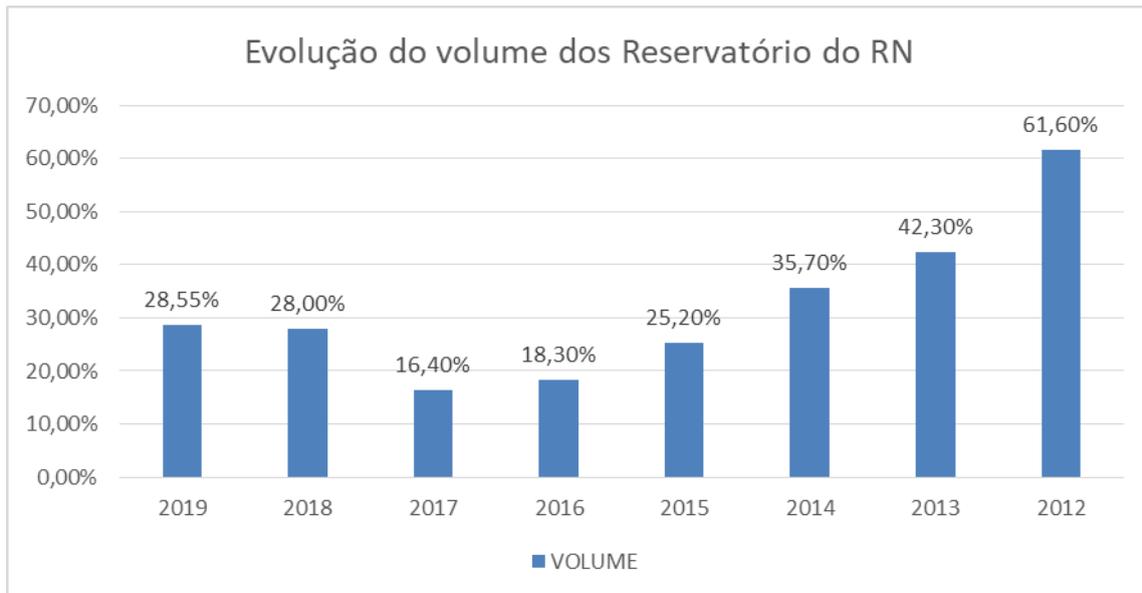


Gráfico 3 – Evolução do volume do Reservatório Equivalente dos açudes do RN - 2012 a 2019.

Fonte: ANA, 2019. Adaptado.

Com base nos dados expostos, é possível aferir que a crise hídrica era uma realidade anunciada e que medidas mitigadoras deveriam ser adotadas, visando o retardamento do colapso de fornecimento de água nos municípios do Rio Grande do Norte.

O cenário encontrado durante o ano de 2017 a início de 2018, confirma que o problema secular de escassez ainda assola de forma severa os potiguares e que muito precisa ser desenvolvido, planejado e acima de tudo, implementado, por meio de ações práticas de controle, conscientização e racionalização do uso de água e manutenção dos reservatórios para que fatores climáticos desfavoráveis não sobrepujem tão rotineiramente o planejamento e a disponibilidade hídrica do estado.

No município de Lucrécia/RN a situação hídrica no período referenciado acima, é um retrato fiel do que acontece, em linhas gerais, no estado do Rio Grande do Norte. O município conta com um significativo reservatório, projetado com capacidade inicial de mais de 27.000.000 m³ de volume, mas entrou pela primeira vez na sua história em estado de colapso total no ano de 2017, mostrando uma recuperação acanhada nos anos seguintes.

AÇUDE DE LUCRÉCIA

De acordo com os dados do Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente (IDEMA) (2005) e o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) (2005), o município de Lucrécia encontra-se totalmente inserido nos domínios da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró, sendo banhado apenas por cursos d'água secundários e intermitentes, sem maior expressão.

A Secretária Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH) (2010), aponta que a Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró ocupa uma superfície de 14.274 km², correspondente a cerca de 26,8% do território estadual, como vê-se na **Figura 4**.

O abastecimento de água à população de Lucrécia/RN até o ano de 2015 era realizado exclusivamente através da exploração de manancial de superfície, Açude Lucrécia, tendo como empresa responsável pela produção e distribuição de água para consumo humano nesta cidade a Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), por meio de sua Regional de Pau dos Ferros.

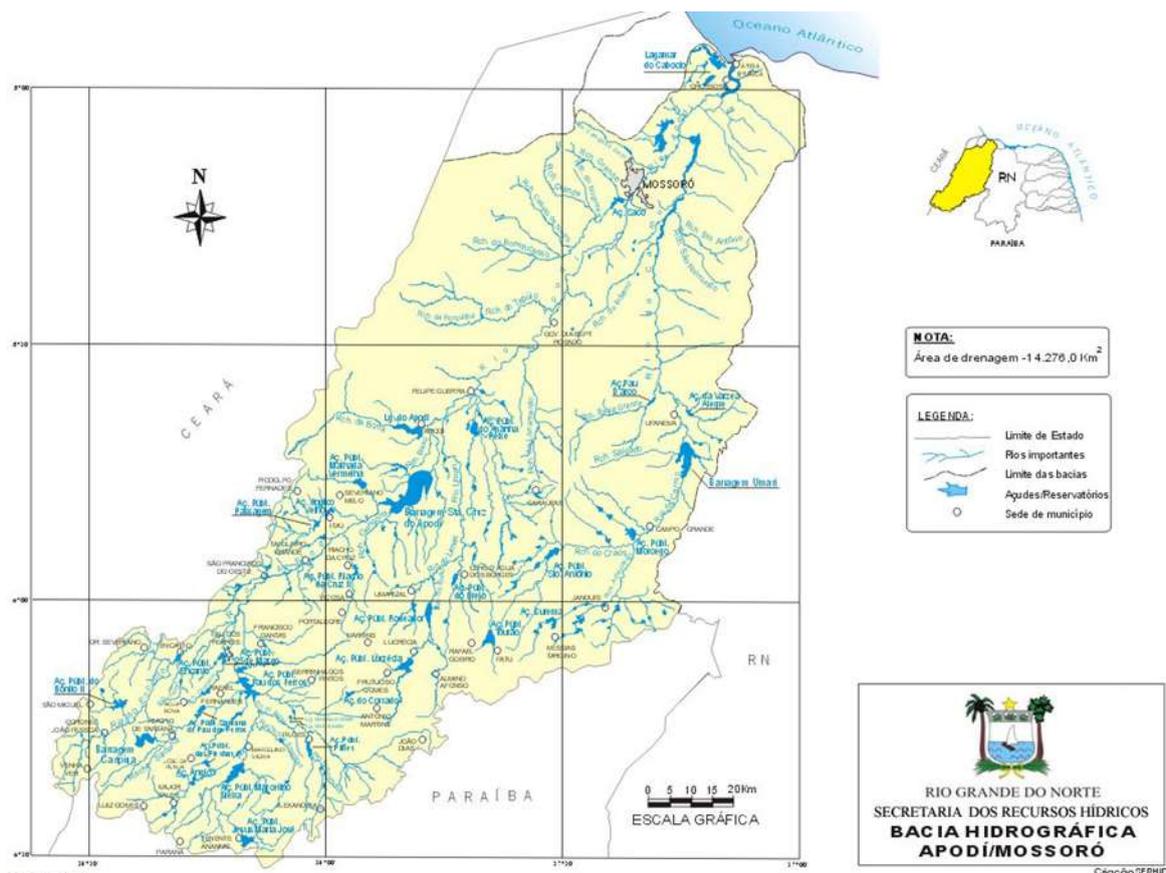


Figura 4 – Bacia hidrográfica Apodi-Mossoró, com destaque na localização do Açude Lucrécia.

Fonte: SEMARH, 2010. Adaptado.

Atualmente, o sistema de abastecimento de água da sede do município de Lucrécia (e demais cidades antes atendidas pelo Açude Lucrécia) é mantido pelo Sistema Adutor Alto Oeste, alimentado pela Adutora Barragem de Santa Cruz, situada em Apodi/RN, e integra outros 14 municípios do RN: Severiano Melo, Rodolfo Fernandes, Santo Antônio, Itaú, Tabuleiro Grande, São Francisco do Oeste, Pau dos Ferros, Riacho da Cruz, Viçosa, Portalegre, Olho D'água do Borges, Frutuoso Gomes, Antônio Martins, João Dias, Martins e Serrinha dos Pintos. O desenvolvimento da pesquisa contém a revisão bibliográfica, as principais discussões teóricas e a trajetória da mesma ao longo do recorte estudado.

CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DOS SISTEMAS EXISTENTES

Os dados a seguir apresentam a descrição dos instrumentos ordenadores da gestão dos serviços prestados pela CAERN, traçando o cenário do serviço público de abastecimento, por meio da distribuição das águas do Açude Lucrécia.

A CAERN é constituída mediante autorização da Lei nº 3.742, de 26 de junho de 1969, alterada pela Lei nº 4.747, de 06 de julho de 1978. É uma Sociedade Anônima de Economia Mista, vinculada à Secretaria de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – SEMARH e se rege pelas referidas leis e pela Lei Federal de nº 6.404, de 15 de dezembro de 1976, pelo Estatuto Social da CAERN (2010) e demais disposições que lhe forem aplicáveis. Sendo a mesma responsável por formular e implantar a política de abastecimento de águas e de esgotamento sanitário no Estado do Rio Grande do Norte.

DADOS DE LIGAÇÕES E ECONOMIAS DE ÁGUA DA SEDE DO MUNICÍPIO DE LUCRÉCIA

Entende-se por ligação de água o conjunto de tubulações, conexões, aparelhos e acessórios que derivam da rede de distribuição para abastecimento de um imóvel. Economia é a ligação (água ou esgoto) de um imóvel de uma única ocupação ou de imóvel com ocupação independente das demais, perfeitamente identificável ou comportável em função da finalidade de sua ocupação legal, dotado de instalação privativa ou comum para uso dos serviços de abastecimento de água ou de coleta de esgoto. Toda economia é considerada uma unidade de consumo.

Diante destas considerações, pode-se tabular o número de ligações e economias de forma comparativa entre os anos de 2010 e 2018, conforme expõe a **Tabela 2**.

		LUCRECIA		F. GOMES		MARTINS	
		2010	2018	2010	2018	2010	2018
LIGAÇÕES	Cadastradas	823	1009	1074	1226	2402	3019
	Ativas	684	765	926	986	1822	2126
	Ativas medidas	303	676	689	986	1105	2126
	Com hidrômetros	304	736	711	1007	1109	2382
	Residencial cadastradas	788	948	1033	1134	2301	2874
	Novas	0	1	0	1	7	4
	Desligadas	54	244	63	240	169	893
	Suprimidas	85	67	85	70	411	300
ECONOMIAS	Cadastradas	831	1010	1096	1235	2513	3087
	Ativas	691	765	944	992	1895	2151
	Ativas medidas	310	676	706	992	1172	2151
	Residencial cadastradas	788	948	1039	1140	2352	2899
	Residencial ativas micromedidas	290	639	668	939	1076	2060
	Residencial ativas	666	728	905	939	1796	2060
	Comercial ativas	1	17	9	31	31	46
	Industrial ativas	0	0	0	0	2	1
	Pública ativas	24	20	30	22	66	30
	Rural ativas	0	0	0	0	0	14

Tabela 2 – Número de ligações e economias entre os anos de 2010 e 2018 em Lucrécia/RN.

Fonte: CAERN/SINP, 2018.

O Açude Lucrécia até o ano de 2015 era responsável por fornecer a água aos municípios de Lucrécia, Frutuoso Gomes e Martins. Com base nos dados fornecidos pela CAERN, pode-se aferir a vazão necessária para suprir a demanda nos municípios em questão.

		LIGAÇÕES (ATIVAS)	VOLUME CONSUMIDO (m ³)
12/2018	LUCRÉCIA	765	5.960
	FRUTUOSO GOMES	986	9.941
	MARTINS	2.126	17.905
	TOTAL	3.877	33.806

Tabela 3 – Vazão necessária para suprir a demanda de água fornecida pela CAERN (por hora), ligadas ao Açude Lucrécia.

Fonte: CAERN/SINP, 2018.

É notório e certo que o comportamento humano agrava os efeitos da seca, mas não se pode restringir tal problemática a questões de oferta e demanda. A análise da questão deve abranger toda sua complexidade e alcançar peculiaridades geoambientais e socioculturais, visando a garantia da qualidade de vida e desenvolvimento socioeconômico, primando pela conservação e o bom uso das reservas, neste caso da água.

A pouco mais de duas décadas atrás Aldo Rebouças (1997) já salienta, que

No longo prazo, dever-se-ia priorizar as ações propostas no capítulo 18 da Agenda 21 – Rio 92 e, no curto prazo, alguns passos relevantes:

- *No plano do Governo*: realizar ações bem planejadas e destituídas de clientelismo, motivando a participação da sociedade organizada. As ações devem ser proativas – antecipando-se à existência do problema e procurando evitá-lo ou neutralizá-lo – e não simplesmente reativas – que ocorrem apenas depois que se verifica a existência do problema e de seus efeitos.
- *No nível da população*: promover o permanente desenvolvimento do capital humano e trabalhar ativamente com a sociedade organizada, reconhecendo nela o seu interlocutor necessário para enfrentamento da crise da água em benefício dos interesses gerais.
- *No plano do serviço público*: organizar a articulação das ações, para que a cidadania pelas águas se efetue sem superposição e sem conflitos de orientação, estabelecendo a noção democrática de disponibilidade à população que mantém lhe dá legitimidade.

A sociedade precisa ser estimulada para apoiar essas ações, e conhecer quais são as suas prioridades e como elas se inserem num plano de conjunto que se desdobra ao longo do tempo. Só assim poderemos ter a cidadania pelas águas, que é o oposto da manipulação. (REBOUÇAS, 1997)

O capítulo 18 da Agenda 21 – Rio 92 a que faz menção o autor supracitado, vem tratar da “proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos” por meio da “aplicação de critérios integrados de desenvolvimento, manejo e uso dos recursos hídricos”, que dentre tantos pontos destaca que a escassez generalizada, pela poluição ou atividade incompatíveis exige o planejamento e manejo integrados dos recursos hídricos.

O **Gráfico 3**, revela a evolução histórica do volume do reservatório,

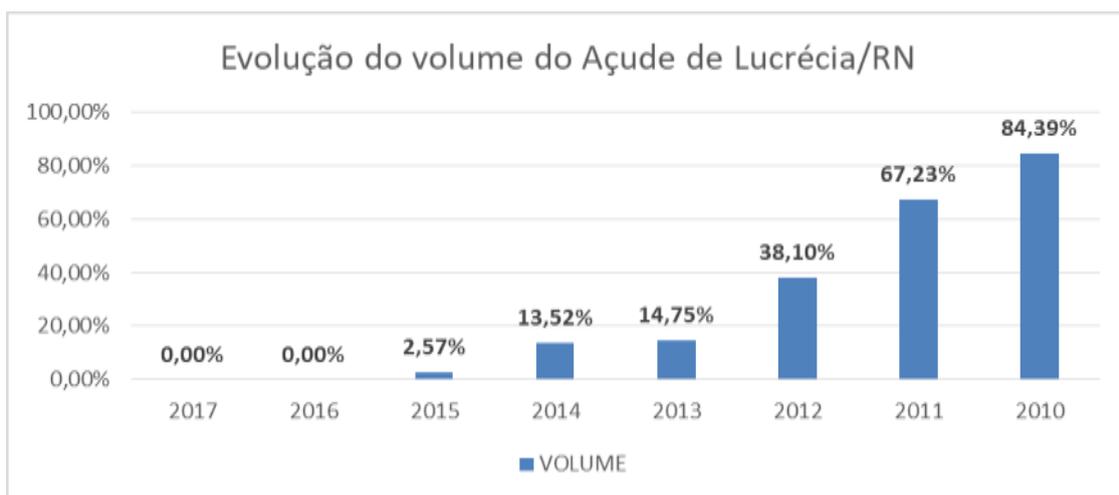


Gráfico 3 – Evolução do volume do Açude de Lucrécia/RN - 2010 a 2017, segundo dados da ANA.

Fonte: Autores, 2018.

A ANA, por meio do Sistema de Acompanhamento de Reservatórios – SAR, aponta em seus registros a incapacidade de regularização do volume diante destas questões:

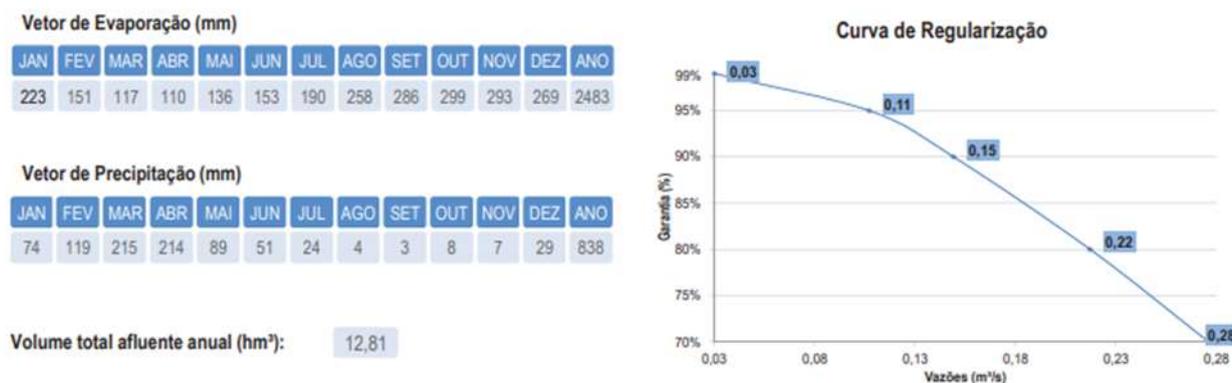


Figura 5 – Curva de Regularização e média anual de evaporação do volume do Açude Lucrécia.

Fonte: ANA/SAR, 2018.

Os números tabulados na **Tabela 2** demonstram que nos últimos 8 anos houve um aumento de 22,60% no número de ligações cadastradas pela CAERN no município de Lucrécia/RN, e que das 1009 cadastradas em 2018, apenas 765 encontram-se ativas, cerca de 75,82%.

Por meio da **Tabela 3**, é possível observar números práticos ao consumo do mês de dezembro/2018:

- São necessários cerca de 1.126.87 ℓ/dia (1.126,87m³/dia) para atender os municípios;
- O município de Lucrécia apresenta um número 22,41% menor de ligações ativas em relação ao município de Frutuoso Gomes;
- O município de Frutuoso Gomes apresenta um número de 53,62% menor de ligações ativas em relação ao município de Martins;
- A população do município de Lucrécia consome em média 198.666,67ℓ/dia, cerca de 259,69 ℓ/dia por ligação ativa;
- A população do município de Frutuoso Gomes consome 331.366,67ℓ/dia, cerca de 336,69 ℓ/dia por ligação ativa;

- A população do município de Martins consome 596.833,33ℓ/dia, cerca de 280,73ℓ/dia por ligação ativa;
- Considerando o consumo diário por ligação ativa entre os municípios, Frutuoso Gomes apresenta a maior taxa de consumo por economia;

Informações como esta, permite um entendimento inicial quantitativo da demanda de água no município de Lucrécia/RN e suscita a relação demanda/oferta hídrica.

Ao considerar o volume estimado de consumo anual dos municípios, pode-se aferir uma demanda de distribuição de 405.672,00m³/ano pela CAERN, esse valor confrontado com o volume disponível do Açude de Lucrécia até o período limiar ao colapso hídrico (2014-2015), demonstra que o pior estava para acontecer, mas não houve medidas de retardamento.

A Agência Nacional das Águas – ANA (2017), atualizou a capacidade de armazenamento do reservatório. Construído inicialmente, com uma capacidade de 27.270.000m³, hoje o Açude de Lucrécia comporta 24.750.000m³, uma perda de 9,24% de sua capacidade total.

Considerando que em 2015, o Açude Lucrécia estava com 2,57% de sua capacidade máxima (24.750.000m³), pode-se determinar que o volume era de 636.075m³, quantidade limite ou até insuficiente para atender os três municípios durante todo o ano, se considerado fatores como perdas, evapotranspiração e desvio de água .

O **Gráfico 3** permite ainda perceber com facilidade o risco e a vulnerabilidade de colapso nos últimos anos. O consumo, associado as perdas pela evaporação, desvio clandestino de água e a ausência de precipitações significativas nos transcórer da década.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desta forma, dadas as circunstâncias cíclicas dos problemas enfrentados pela escassez de recursos hídricos, que tornou-se vigente no município de Lucrécia e todas as cidades abastecidas pela águas do Açude Lucrécia, pode-se perceber a demanda por maior empenho e maior racionalidade na gestão dos recursos naturais em geral e da água, por meio do planejamento governamental, pelo comprometimento da sociedade e pela integração de serviços públicos relacionados à distribuição hídrica de forma a garantir a dignidade social e o desenvolvimento econômico pelo acesso à água de qualidade.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Agência Nacional de Águas – ANA. Reservatórios do Semiárido Brasileiro: Hidrologia, Balanço Hídrico e Operação: Anexo A / Agência Nacional de Águas - Brasília: ANA, 2017.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Diagnóstico do Município de Lucrécia: PROJETO CADASTRO DE FONTES DE ABASTECIMENTO POR ÁGUA SUBTERRÂNEA. Ministério de Minas e Energia. Brasil, 2005.

DIAS, Monica Ferreira. Ação interdisciplinar em caso prático de gestão ambiental na região oeste do Estado do Rio Grande do Norte. Universidade Católica de Brasília. Distrito Federal, Brasília, 2006.

DISPONIBILIDADE E DISTRIBUIÇÃO HÍDRICA NO BRASIL. Disponível em: <<https://sarradoresdoserrado.wordpress.com/ciclos-hidrograficos-jack/>>. Acesso em 12 de maio de 2018.

GONDIM, Joaquim; FIOREZA, Ana Paula; ALVES, Rodrigo Flecha Ferreira; SOUZA, Wesley Gabrieli. A Seca atual no Semiárido nordestino – Impactos sobre os recursos hídricos. Brasília, 2017.

Portal G1. Crise hídrica reduz frequência de abastecimento de água no país, aponta IBGE. Disponível em, <<https://g1.globo.com/economia/noticia/crise-hidrica-reduz-frequencia-de-abastecimento-de-agua-no-pais-aponta-ibge.ghtml>>. Acesso em 29 de outubro de 2019.

REBOUÇAS, Aldo da C. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. Estudos Avançados. vol.11, nº29. São Paulo, 1997.

RIO GRANDE DO NORTE. Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte – CAERN. Estatuto Social, 2010.

_____. Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte – CAERN. SINP – Sistema de Informação para Planejamento. Relatório do mês de dezembro/2017. Natal, 2018.

_____. Instituto de Assistência Técnica e Extensão Rural – EMATER/RN. Registros cronológicos dos índices pluviométricos no município de Lucrécia/RN. Posto Lucrécia/RN, 2018.

_____. Secretaria da Administração e dos Recursos Humanos. Situação Volumétrica dos Reservatórios do Rio Grande do Norte. 2018. Disponível em:

<<http://sistemas.searh.rn.gov.br/monitoramentovolumetrico>>. Acesso em 18 maio de 2018.

SANEAMENTO AMBIENTAL: Os riscos da crise hídrica. São Paulo: Signus, n. 187, dez. 2017. Edição Mensal. Disponível em: <<http://www.sambiental.com.br/revista/SA187.pdf>>. Acesso em 29 de outubro 2019.

Capítulo 8



10.37423/210904712

CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DOS SOLOS EM FREDERICO WESTPHALEN

WILLIAM WIDMAR CADORE

*UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA
DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES*

MARIANA BANDIEIRA

*UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA
DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES*



Resumo: O município de Frederico Westphalen, localizado na região norte do estado do Rio Grande do Sul, é o pólo econômico, industrial e educacional da região do Médio Alto Uruguai, concentrando grande parte das atividades, investimentos e inovações desta região. Atualmente o município possui em torno de 30.000 habitantes onde a expansão e crescimento da construção civil são destacáveis. A metodologia utilizada consistiu em reunir informações resultantes de sondagens e caracterizações previamente feitas para as edificações já existentes no município e agrupá-las juntamente com novas informações que foram e serão obtidas em ensaios e análises em laboratório. Para isso foi necessário a colaboração dos profissionais das diferentes áreas da Engenharia Civil que viram a importância deste trabalho para o contexto que vive o município atualmente e o potencial que tem a pesquisa para auxiliá-los posteriormente em seus projetos. A parte laboratorial deu-se de forma a obter as melhores e mais relevantes características com o objetivo de que os resultados fossem realmente importantes, para que assim, estes pudessem ser comparados e analisados juntamente com as informações que nos passaram os profissionais da área. Após realização da coleta de dados e dos ensaios necessários para a caracterização dos respectivos solos, os resultados obtidos indicam que no perímetro urbano, especificamente na ZONA 1, dessa etapa, há uma tendência de incidência de solos com característica argilosa rija à cascalho. Evidente que isso não determina o perfil final do solo, não substituindo de forma alguma as recomendações técnicas de uma investigação geológica antes de qualquer edificação ou movimentação de terra.

Palavras chave: geotecnia, solos, mapa geotécnico, SPT

1. INTRODUÇÃO

O acelerado crescimento da construção civil tem demandado um grande número de construções de pequeno, médio e grande porte. A implantação destas obras requer o conhecimento das propriedades do solo exigindo a realização de investigações geotécnicas para a orientação e execução dos projetos de fundações. O conhecimento prévio das características do subsolo facilitaria o planejamento destas obras se estes resultados fossem colocados à disposição dos profissionais de engenharia local.

Na engenharia civil a questão central para o desenvolvimento de projetos é conhecer as propriedades do material. Em especial, na Geotecnia, a determinação dessas propriedades é bastante complexa, seja pela dificuldade na obtenção de dados experimentais ou pela variabilidade natural. Por isso é necessário promover campanhas de ensaios de laboratório aliados aos ensaios de campo a fim de conhecer os parâmetros relevantes a um projeto de engenharia.

Através deste trabalho pretende-se iniciar um trabalho de sensibilização dos profissionais da área da construção civil e estruturas relacionadas ao perfil do subsolo do perímetro urbano do município de Frederico Westphalen com base em sondagens já realizadas de forma isolada, atrelada com ensaios de laboratório a fim de obter um perfil característico do solo quanto a sua caracterização física. Todavia, surge a questão básica geradora da atividade extensionista: *“Qual é o perfil geológico aplicado à engenharia civil dos solos do Município de Frederico Westphalen?”*.

Nesse sentido, o objetivo geral do projeto de extensão, está visa promover a integração entre a Universidade e profissionais da construção civil, estruturas e geotecnias, determinando as propriedades geotécnicas do solo do perímetro urbano do município de Frederico Westphalen.

Além disso, para a efetivação da proposta, estão sendo utilizados como objetivos específicos os seguintes:

- Fortalecer o relacionamento da URI com os profissionais das áreas de construção civil, estruturas e geotecnias.
- Levantar os pontos de amostragem do solo já cadastrados em Frederico Westphalen;
- Caracterizar solo a diferentes profundidades a partir das amostras obtidas;
- Determinar os parâmetros de resistência e deformabilidade do solo a diversas profundidades através de amostras indeformadas.

- Propor um perfil geomorfológico dos solos do perímetro urbano de Frederico Westphalen para que seja fonte de condução e proposição de novos projetos que envolvam geotecnia.

2. CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS

Neste primeiro ano de realização das atividades de extensão, a abordagem inicial deu-se em termos de revisão de literatura sobre o processo de caracterização geotécnica dos solos, englobando desde a formação dos solos até os aspectos geotécnicos de engenharia.

Em um primeiro sentido, o primeiro enfoque foi sobre o solo e sua gênese, dependendo em qual área do conhecimento é empregado possui conceitos, definições e aplicações diferentes. O solo quando analisado e estudado possui especificações e características que podem ou não coincidir e serem as mesmas que em determinadas regiões diferentes do Brasil ou do mundo.

Estas conclusões dão-se pelo fato de que o solo é o resultado de inúmeros fatores e agentes naturais que agem sobre ele, modificando-o e fazendo a diferenciação de características e propriedades nos diferentes tipos de solo.

Segundo Jenny apud Camargo et al, p. 03 (1992), “cinco são os fatores de formação do solo que motivam direta ou indiretamente as manifestações mais ou menos agressivas daqueles fenômenos: clima, relevo, seres vivos, material de origem e tempo”.

De acordo com a influência exercida por esses fatores, formam-se diferentes tipos de solo, onde são observados perfis diferentes em cada um.

Segundo a Embrapa (2006), são observadas as características pedológicas dos diferentes tipos de solo. Essa diferenciação se dá quanto a ação dos fatores anteriormente descritos nos horizontes mais superficiais do perfil do solo, os horizontes A e B.

Portanto, esta diferenciação é obtida justamente a partir da forma com que o solo irá se comportar quando submetido aos mesmos fatores, porém estes sendo dosados e agirem em cada lugar com uma certa particularidade.

Para entendermos o comportamento de um solo ou prever o desempenho de uma fundação apoiada sobre o mesmo é necessário que se conheça algumas de suas características de comportamento. Este comportamento é influenciado pela estrutura, composição mineralógica e permeabilidade, bem como pelas condições de carregamento que está, estará ou já esteve submetido.

Os solos são formados por grãos sólidos macroscópicos ou microscópicos entremeados por poros ou vazios, que podem estar preenchidos totalmente por água, estando na condição saturada. Se estiver preenchido totalmente por ar o solo está em estado seco (Pinto, 2002).

Usualmente classifica-se o solo como granular ou coesivo. Um solo é não coesivo quando seus grãos separam-se uns dos outros quando secos e unem-se quando úmidos devido à tensão superficial da água. Pode-se dizer então que a água confere aos solos não saturados uma coesão aparente. Por outro lado, um solo é coesivo quando a separação entre os seus grãos exige a aplicação de uma força, seja em estado seco, parcialmente saturado ou saturado. A união entre os grãos é devida principalmente pelos argilominerais que são a fração fina do solo originados pelo intemperismo químico das rochas.

Um solo coesivo, segundo Pinto (2002), pode comportar-se como um líquido viscoso em estado saturado, como um material plástico em estado não saturado ou como um material não plástico em estado seco. Dependendo do teor de umidade há variação no comportamento dos solos coesivos e para determinar este teor de umidade foram fixados os Limites de Atterberg, ou seja, os Limites de Liquidez, de Plasticidade e de Contração. O Limite de Liquidez é o teor de umidade acima do qual o solo se comporta como se fosse um líquido viscoso. O Limite de Plasticidade é o teor de umidade abaixo do qual o solo não apresenta um comportamento plástico. Entre os limites de liquidez e de plasticidade o solo se comporta como um material plástico, este intervalo é denominado de índice de plasticidade. O Limite de Contração é o teor de umidade abaixo do qual não há variação no volume da massa de solo. Quanto menor for este valor, menor é a quantidade de água para que ocorra variação de volume.

3. METODOLOGIA DE COLETA DE DADOS

A coleta de dados começou a ser desenvolvida de analisando o mapa político do Município de Frederico Westphalen, delimitado, pelo objetivo geral pelo perímetro urbano.

Nesse sentido, o perímetro urbano foi dividido em quatro setores para ordenamento dos pontos de coletas de dados, tomados a partir da zona central do Município. Cada setor, está sendo levantado com no mínimo 10 pontos de coleta, para representar um perfil característico da região.

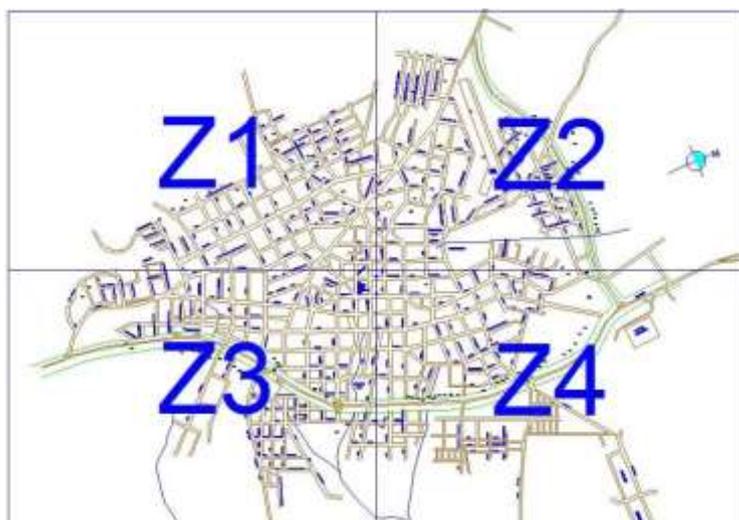


Figura 01 – Zoneamento levantamento geotécnico – Frederico Westphalen - RS

Fonte: O Autor

Diante disso, é muito possível que os setores tenham informações semelhantes, mas para viabilidade logística e de levantamento, está sendo utilizado a metodologia destinada ao mapeamento de grandes áreas. A metodologia tem como produto final um documento com informações georreferenciadas com a estimativa de unidades homogêneas sob o ponto de vista geotécnico, as chamadas unidades geotécnicas. As unidades geotécnicas são zonas de ocorrência de solo com perfis de origem e características físicas e morfológicas semelhantes e que apresentam um comportamento geotécnico similar frente ao uso e ocupação do solo.

O mapa geotécnico é acompanhado de uma descrição dos perfis típicos existentes nas unidades, facilitando ao usuário a identificação do tipo de material a ser encontrado em cada unidade de mapeamento (VALENTE, 1999).

Conforme Davison Dias (1995), a partir do mapeamento geotécnico proposto é possível estimar características geotécnicas necessárias para o uso e ocupação do solo.

4. DADOS GEOTÉCNICOS

Em cada um dos pontos levantados do zoneamento proposto, também foram e estão sendo tomadas informações como sondagens de prospecção geotécnica. Entre os métodos de sondagem de simples reconhecimento, o *Standard Penetration Test (SPT)* é mais difundido no Brasil e, por consequência, de fácil obtenção. Essas informações estão sendo obtidas com a colaboração de inúmeros profissionais

da área da Engenharia Civil - Construção Civil, uma vez que, o Município não dispõe de um mapa do perfil geotécnico das regiões analisadas.

Em contrapartida aos colaboradores, o relatório final contará como subsídio e suporte técnico para novas edificações no perímetro urbano de Frederico Westphalen. O relatório foi construído a partir de um mapeamento geotécnico, com as prospecções geotécnicas do subsolo para realização de obras civis.

A sondagem do tipo **SPT** é um dos procedimentos mais populares, rotineiros e econômicos de investigação do solo e do subsolo, servindo como indicativo da densidade de solos granulares e na identificação da consistência de solos coesivos e rochas brandas. É aplicado rotineiramente no dimensionamento de fundações diretas e profundas em obras de engenharia e constitui-se em uma medida de resistência dinâmica conjugada a uma sondagem de simples reconhecimento.

O **SPT** (*Standard Penetration Test*) é um ensaio de penetração dinâmico que consiste em cravar no fundo de um furo de sondagem (revestido ou não), devidamente limpo, um amostrador padrão. Esta cravação é feita com o auxílio de um pilão, com 65 kgf. de peso, solto em queda livre a uma altura de 75 cm, sobre um batente que, por sua vez, está ligado a um conjunto de hastes, em cuja extremidade tem-se o amostrador padrão.

O ensaio é composto pela cravação do amostrador em três etapas. Na primeira, o amostrador é cravado 15 cm, registrando-se o número de golpes correspondente a esta penetração. Na segunda fase, o amostrador é cravado mais 15 cm, e na última, os 15 cm finais do comprimento total de 45 cm do amostrador, registrando-se o número de golpes de cada uma.

O parâmetro mais importante, o valor NSPT, é dado pelo número de golpes necessário a cravação desses 30 cm finais do amostrador, isto é, pela soma dos registros da segunda e terceira fase. A cravação do amostrador deve ser interrompida quando se obtiver penetração inferior a 5 cm após dez golpes consecutivos ou quando o número total de golpes ultrapassar 50 num mesmo ensaio. Nestas condições, o material será considerado impenetrável ao SPT.

4. RESULTADOS E COMENTÁRIOS

Os dados apresentados abaixo foram obtidos nas visitas aos profissionais e seus acervos e registros de sondagens. Todos foram georreferenciados e classificados dentro da ZONA 1 da proposta do projeto.

Tabela 01 – Caracterização dos solos

SOLO 01	X: 262168.62 m E	Profundidade (m)		Número de Golpes	Classificação
	Y: 6971812.91 m S	De	Até		
	Furo 01	1,00	1,45	0	Perfuração com cavadeira
		2,00	2,45	0	Perfuração com cavadeira
		3,00	3,45	0	Perfuração com cavadeira
		3,45	3,50	0	Cascalho
	X: 262144.32 m E	Profundidade (m)		Número de Golpes	Classificação
	Y: 6971807.06 m S	De	Até		
	Furo 02	1,00	1,45	6	Argila vermelha média
		2,00	2,45	4	Argila vermelha mole
		3,00	3,45	4	Argila marrom mole
		4,00	4,00	0	Cascalho
	X: 262150.58 m E	Profundidade (m)		Número de Golpes	Classificação
	Y: 6971823.44 m S	De	Até		
	Furo 03	1,00	1,45	0	Perfuração com cavadeira
		2,00	2,45	0	Perfuração com cavadeira
		3,00	3,45	0	Perfuração com cavadeira
		4,00	4,45	0	Perfuração com cavadeira
		5,00	5,45	0	Perfuração com cavadeira
		5,45	5,50	0	Cascalho
X: 262159.42 m E	Profundidade (m)		Número de Golpes	Classificação	
Y: 6971839.01 m S	De	Até			
Furo 04	1,00	1,45	6	Argila vermelha média	
	2,00	2,45	7	Argila vermelha média	
	3,00	3,45	28	Argila vermelha muito rija	
	4,00	4,00	0	Cascalho	
X: 262128.87 m E	Profundidade (m)		Número de Golpes	Classificação	
Y: 6971834.33 m S	De	Até			
Furo 05	1,00	1,45	4	Argila marrom mole	
	2,00	2,45	3	Argila marrom mole	
	3,00	3,45	4	Argila marrom mole	
	4,00	4,45	4	Argila marrom mole	
	5,00	5,45	20	Argila marrom muito rija	
	6,00	6,45	31	Argila marrom dura	
	7,00	7,45	32	Argila marrom dura	
	8,00	8,10	0	Cascalho	
X: 262251.78 m E	Profundidade (m)		Número de Golpes	Classificação	
Y: 6971456.59 m S	De	Até			
Furo 06	1,00	1,45	10	Argila marrom rija	
	2,00	2,45	11	Argila marrom rija	
	3,00	3,45	12	Argila vermelha rija	
	4,00	4,45	11	Argila vermelha rija	
	5,00	5,45	14	Argila vermelha rija	
	6,00	6,45	15	Argila vermelha rija	
	7,00	7,45	24	Argila vermelha muito rija	
	7,45	7,80	90	Cascalho	
X: 262253.56 m E	Profundidade (m)		Número de Golpes	Classificação	
Y: 6971441.20 m S	De	Até			
Furo 07	1,00	1,45	11	Argila preta rija	
	2,00	2,45	10	Argila preta rija	
	3,00	3,45	13	Argila vermelha rija	
	4,00	4,45	14	Argila vermelha rija	
	5,00	5,45	19	Argila vermelha muito rija	
	5,45	5,80	90	Cascalho	
X: 262256.51 m E	Profundidade (m)		Número de Golpes	Classificação	
Y: 6971425.48 m S	De	Até			

	Furo 08	1,00	1,45	7	Argila marrom média
		2,00	2,45	9	Argila marrom rija
		3,00	3,45	19	Argila vermelha muito rija
		4,00	4,45	36	Argila vermelha dura
		5,00	5,45	26	Argila vermelha muito rija
		6,00	6,30	90	Cascalho
SOLO 03	X: 262068.76 m E	Profundidade (m)		Número de Golpes	Classificação
	Y: 6971258.61 m S	De	Até		
	Furo 09	1,00	1,10	0	Cascalho
	X: 262089.54 m E	Profundidade (m)		Número de Golpes	Classificação
	Y: 6971262.27 m S	De	Até		
	Furo 10	1,00	1,30	45	Cascalho
	X: 262100.14 m E	Profundidade (m)		Número de Golpes	Classificação
	Y: 6971245.64 m S	De	Até		
	Furo 11	1,00	1,40	77	Cascalho
	X: 262077.48 m E	Profundidade (m)		Número de Golpes	Classificação
	Y: 6971245.62 m S	De	Até		
	Furo 12	1,00	1,45	63	Argila marrom dura
1,45		1,50	0	Cascalho	
SOLO 04	X: 262524.94 m E	Profundidade (m)		Número de Golpes	Classificação
	Y: 6971103.86 m S	De	Até		
	Furo 13	1,00	1,45	19	Argila vermelha muito rija
		2,00	2,45	21	Argila vermelha muito rija
		3,00	3,45	15	Argila vermelha rija
		4,00	4,45	14	Argila vermelha rija
		5,00	5,45	15	Argila vermelha rija
		6,00	6,45	46	Argila vermelha dura
		7,00	7,00	0	Cascalho
	X: 262526.13 m E	Profundidade (m)		Número de Golpes	Classificação
	Y: 6971078.06 m S	De	Até		
	Furo 14	1,00	1,45	15	Argila vermelha rija
		2,00	2,45	19	Argila vermelha muito rija
		3,00	3,45	16	Argila vermelha muito rija
		4,00	4,45	20	Argila vermelha muito rija
		5,00	5,45	43	Argila marrom dura
		6,00	6,45	38	Argila marrom dura
		7,00	7,40	74	Cascalho
	X: 262510.90 m E	Profundidade (m)		Número de Golpes	Classificação
	Y: 6971077.67 m S	De	Até		
	Furo 15	1,00	1,45	11	Argila vermelha rija
		2,00	2,45	16	Argila vermelha muito rija
		3,00	3,45	17	Argila vermelha muito rija
		4,00	4,45	16	Argila marrom muito rija
5,00		5,45	48	Argila marrom muito rija	
6,00		6,00	0	Cascalho	
X: 262508.53 m E	Profundidade (m)		Número de Golpes	Classificação	
Y: 6971098.47 m S	De	Até			
Furo 016	1,00	1,45	13	Argila vermelha rija	
	2,00	2,45	16	Argila vermelha muito rija	
	3,00	3,45	15	Argila vermelha rija	
	4,00	4,45	17	Argila vermelha muito rija	
	5,00	5,45	20	Argila vermelha muito rija	
	6,00	6,20	45	Cascalho	

De uma maneira geral essa tabela indica uma tendência de incidência de solos com característica argilosa rija à cascalho, como pode ser evidenciado no gráfico abaixo.

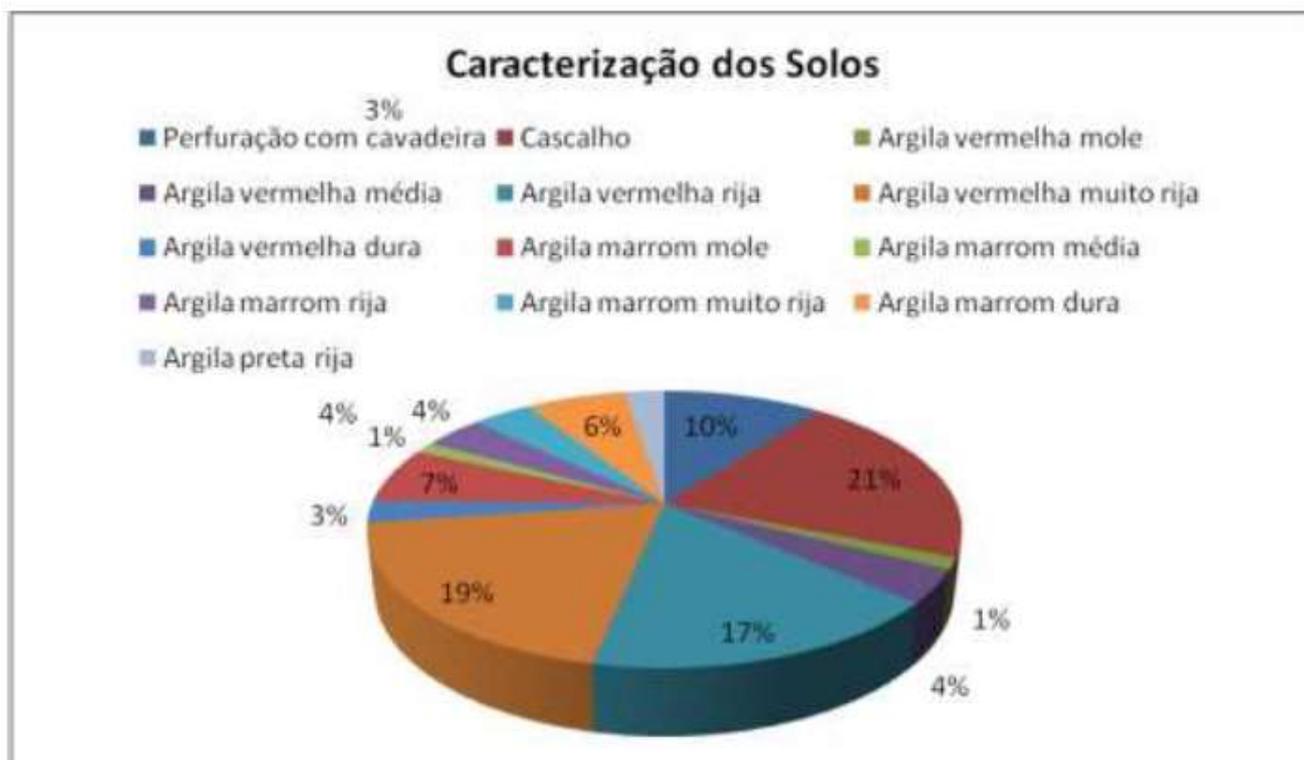


Figura 02- Caraterização dos solos

Ao mesmo tempo do levantamento de informação em campo, foi necessário a parte laboratorial para complemento da caracterização dos solos. As tabelas seguintes, apontam as classificações dos tipos de solos.

Tabela 02 – Classes de solos pelo índice de plasticidade		
Classe	Índice de Plasticidade	Termo
1	menor que 1	não plástico
2	1 – 7	levemente plástico
3	7 – 17	moderadamente plástico
4	17 – 35	altamente plástico
5	maior que 35	extremamente plástico

Fonte: Maciel Filho et al, 2011

Tabela 03 – Tipos de solos em função dos índices de plasticidade		
Tipo de solo	IP (%)	LL (%)
Arenoso	0 – 10	0 – 30
Siltoso	5 - 25	20 – 50
Argiloso	> 20	> 40

Fonte: Maciel Filho et al, 2011

Tabela 04 – Caracterização dos solo em função do Limites de Attemberg				
Limites de Attembeg	SOLO 01	SOLO 02	SOLO 03	SOLO 04
LP	47,27	47,77	48,15	49,55
LL	60,96	60,81	61,77	60,02
IP	13,69	13,04	13,62	10,47

Classificação do solo	moderadamente plástico	moderadamente plástico	moderadamente plástico	moderadamente plástico
Tipo de solo	Siltoso – Argilo Siltoso	Siltoso – Argilo Siltoso	Siltoso – Argilo Siltoso	Siltoso – Argilo Siltoso

5. CONCLUSÃO

O principal objetivo do projeto é caracterizar e mapear os solos do perímetro urbano de Frederico Westphalen. Entretanto com o crescimento da população e a expansão da construção civil em escala mundial a tendência é de que o perímetro urbano do município se expanda.

A grande tendência é de que áreas consideradas rurais passem a ser consideradas urbanas sendo, posteriormente, também necessário um mapeamento geotécnico dessas áreas em questão. O grande foco do projeto é mapear e atender as necessidades da qual o município carece quanto ao conhecimento dos solos que nele existem.

Após realização da coleta de dados e dos ensaios necessários para a caracterização dos respectivos solos, os resultados obtidos indicam que no perímetro urbano, especificamente na ZONA 1, dessa etapa, há uma tendência de incidência de solos com característica argilosa rija à cascalho. Evidente que isso não determina o perfil final do solo, não substituindo de forma alguma as recomendações técnicas de uma investigação geológica antes de qualquer edificação ou movimentação de terra.

De forma geral, esse projeto de extensão, contribuiu para ressaltar a importância do compartilhamento de informações de cunho geológico para os solos do perímetro urbano. Assim, dessa forma, um investidor poderá, de posse das informações, antecipar-se as possíveis características do solo a ser edificado.

REFERÊNCIAS

BENEDETTI, Marcelo Muniz et al . Representatividade e potencial de utilização de um banco de dados de solos do Brasil. Rev. Bras. Ciênc. Solo, Viçosa , v. 32, n. 6, Dec. 2008 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832008000600036&lng=en&nrm=iso>. access on 16 Jan. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000600036>.

HACHICH, W. Fundações: Teoria e Prática. 2. ed. São Paulo: PINI, 1998. 751p.

MACIEL FILHO, Carlos Leite. NUMMER, Andréa Valli. Introdução a Geologia de Engenharia. 4. ed.rev. ampl. - Santa Maria: Ed. da UFSM, 2011.

MILITITSKY, J. Patologia de Fundações. In: Simpósio sobre Patologia das Edificações: Prevenção e Recuperação, 1989, Porto Alegre. Anais...Porto Alegre: Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS, 1989. p.52-69.

PEDRON, Fabrício de Araújo et al . Morfologia e classificação taxonômica de neossolos e saprolitos derivados de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral no Rio Grande no Sul. Rev. Bras. Ciênc. Solo, Viçosa , v. 33, n. 1, fev. 2009 . Disponível em

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832009000100013&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 16 jan. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000100013>.

PEDRON, Fabrício de Araújo et al . Solos urbanos. Cienc. Rural, Santa Maria , v. 34, n. 5, out. 2004 . Disponível em

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010384782004000500053&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 16 jan. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782004000500053>.

PINTO, Carlos de Souza. Curso básico de mecânica dos solos: em 16 aulas. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 355p.

SALES, L.F.P. Estudo do comportamento de fundações superficiais assentes em solos tratados. . Porto Alegre, 1998. 129p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos. et. al. Sistema brasileiro de classificação dos solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo. Viçosa, 2005. 100p.

PEDRO, R. e CHAMBEL, S. Descrição do ensaio SPT e respectivas limitações. Aplicações em SIG e cartas geotécnicas. Disponível em: <<http://www.engenhariacivil.com/ensaio-spt>>. Acesso em: 7 jan. 2015.

Capítulo 9



10.37423/210904725

ESTUDO DE CASO DE UMA CESSÃO DE CAMPO DE ÓLEO E GÁS NATURAL: UMA APLICAÇÃO DA TEORIA DE OPÇÕES REAIS

Tuany Esthefany Barcellos de Carvalho Silva

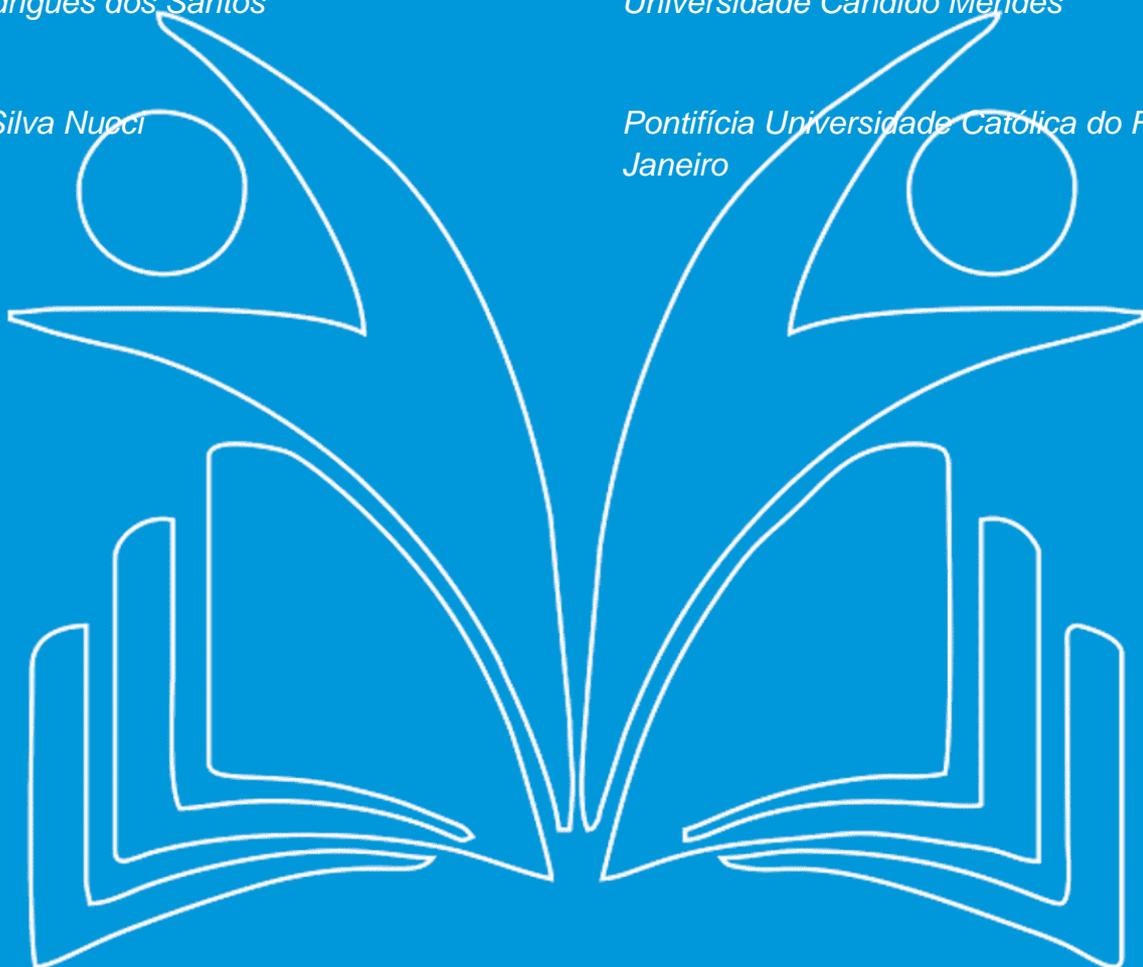
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Daiane Rodrigues dos Santos

Universidade Cândido Mendes

Fernanda Silva Nucci

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro



Resumo: Projetos de exploração de petróleo e gás, são rodeados de incertezas, o presente trabalho objetiva analisar a aplicação da Teoria das Opções Reais (OR), como método para avaliação de projetos de investimentos na exploração do Bloco 123 na Bacia de Santos, alguns dados trabalhados neste estudo são fictícios, devido a regra de sigilo dos dados reais. A simulação e modelagem econômica são de suma importância em projetos de exploração e produção de petróleo envolvendo riscos. Neste estudo são analisadas três incertezas, sendo elas duas incertezas técnicas como o volume e qualidade do reservatório, e a de mercado tratando-se do preço do petróleo. O elevado número de incertezas associadas ao processo de exploração, juntamente com as inúmeras particularidades técnicas da engenharia de poços e reservatórios, gera decisões altamente complexas. Com o estudo foram obtidos resultados satisfatórios, como o VPL e o valor da opção, a implementação do método possibilita a visualização de um panorama geral sobre a incerteza de investir ou não na exploração do Bloco 123.

Palavras-chaves: (Opções Reais; Petróleo e gás; Incerteza)

1. INTRODUÇÃO

Até o ano de 1997, a exploração de petróleo nas bacias sedimentares do Brasil era realizada exclusivamente pela Petrobras, pois a mesma possuía o monopólio desta atividade. Neste mesmo ano foi criada a Agência Nacional de Petróleo (ANP), o que possibilitou o país a adotar o modelo de concessão, sendo este o início da realização dos leilões dos blocos de exploração de petróleo (SILVA, 2010).

As atividades e os negócios de uma empresa são diretamente relacionados à administração de riscos, conseqüentemente aquela com maior competência obtém êxito. Porém algumas empresas têm como característica, aceitar os riscos financeiros incorridos de forma passiva, já outras buscam por vantagem competitiva, o que as leva diretamente para uma exposição a riscos, mesmo que de maneira estratégica. A incerteza é algo presente nas avaliações de projetos de investimento, financiamento, e principalmente no foco deste estudo, exploração de petróleo. Com o passar dos anos a evolução das técnicas de avaliação de negócios e projetos é notória, o que inclui as ferramentas de Opções Reais (OR), esse mecanismo propicia uma abordagem efetiva e dinâmica. Segundo Magalhães (2006), a implementação dessa teoria se mostra muitas vezes superior à análise por Fluxo de Caixa Descontado (FDC). Tomando como base o caso de exploração de petróleo e gás, nota-se que existe inúmeras incertezas e flexibilidades operacionais envolvidas economicamente, tais como volume, especificação, preço, dentre outras, fazendo com o que as reservas sejam comercialmente exploráveis. Em opções reais tem-se como flexibilidade operacional por exemplo o adiamento dos investimentos, aumento da escala de petróleo e em algumas situações o abandono do projeto, entre outras, a avaliação por OR possibilita capturar o valor embutido nessas flexibilidades.

Este estudo visa a avaliar por meio de opções reais se irá adquirir a atividade petrolífera no bloco 123 na Bacia de Santos. Sabe-se que em 2022 a Agência Nacional de Petróleo (ANP) está prevendo promover a 25ª Rodada de Cessão de Blocos. Esta cessão tem por objeto a outorga de contrato de concessão para exercício das atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural na área supracitada, a mesma possui 23.000 km² e a fase de exploração será de 8 anos, e o prazo total do contrato é de 30 anos. A empresa interessada em adquirir o bloco terá que pagar um bônus de assinatura de US\$ 1.000 MM, além disso, durante a fase de exploração é exigido um Programa Exploratório Mínimo (PEM) com a perfuração de 1 poço na região. Porém existem algumas incertezas nesta exploração, sendo elas o preço do petróleo, o volume de óleo e gás do bloco 123, classificado

como pequeno, médio e grande. Buscando restringir as incertezas a empresa realizará uma aquisição sísmica na área com o custo de US\$ 300 MM.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nos últimos tempos a teoria de opções reais vem sendo implementada em diversos ramos, o uso deste método possibilita capturar de forma eficiente o valor embutido nas flexibilidades de um determinado projeto. Esta teoria é uma das melhores abordagens para a integração de estratégia e finanças, a mesma considera analiticamente opções de crescimento e flexibilidades. Projetos como a postergação de um investimento, contrair ou expandir escalas de produções ou estruturas, abandono temporário ou definitivo, são considerados como séries de opções reais, essas opções são avaliadas de maneira análoga a opções financeiras (MINARDI, 2000).

Segundo Gonçalves (2016), as tomadas de decisões que são realizadas no presente, influenciam diretamente o futuro de um projeto ou empresa, porém as técnicas quantitativas mais antigas de avaliação de projetos, como fluxo de caixa descontado ou o método do valor presente líquido, nem sempre mostram a melhor solução estratégica. Uma análise de VPL não considera flexibilidades, em que o investidor pode tomar determinadas atitudes ao longo da vida útil de um projeto, de forma que o possibilite maximizar seus ganhos e minimizar suas perdas, porém uma análise de investimentos utilizando Opções Reais (OR) encaixa-se perfeitamente neste ponto, levando em conta a não passividade do investidor diante novas informações. A teoria de Opções Reais abrange diversas especificidades de projetos de investimentos. Então, este trabalho objetiva utilizar esta teoria para analisar a opção de exploração do bloco 123 de petróleo.

2.1. OPÇÕES REAIS NA INDÚSTRIA DE PETRÓLEO E SUAS INCERTEZAS

A indústria de petróleo é um ramo que utiliza muito a teoria de Opções Reais para a avaliação de investimentos. A primeira vez que OR foi utilizada para fazer valoração de reservas petrolíferas foi em 1988, o trabalho de Paddock, Siegel e Smith (1988) é considerado um marco na utilização da teoria, o mesmo foi desenvolvido objetivando estudar o motivo dos valores das reservas não desenvolvidas de petróleo praticados pela indústria serem mais elevados do que os valores estimados pelo governo, que se baseavam na valoração por VPL (ZIDAN, 2019).

Os projetos de exploração e produção de petrolífera possuem inúmeras incertezas, buscando modelar este estudo, foram definidas três incertezas. As duas primeiras, estão relacionadas a incertezas

técnicas de reservatório, como a qualidade e o volume da reserva a ser explorada. A terceira incerteza trata-se do preço futuro do petróleo, que possui variações no mercado ao longo do tempo.

Incerteza técnica é aquela relacionada com as características específicas de um projeto, este tipo de incerteza não é correlacionada aos movimentos econômicos, porém as mesmas podem ser minimizadas através do investimento em informações que auxiliam na tomada de decisão. Uma característica marcante de incerteza técnica é que a realização de investimentos, a experiência adquirida ao longo do tempo a prática de em projetos diminui significativamente este tipo de incerteza (DIXIT e PINDYCK, 1994).

Tratando-se de valoração de ativos na área de petróleo, a minimização da incerteza técnica tem um papel fundamental. No presente trabalho, serão tratadas as duas incertezas técnicas supracitadas, as mesmas são referentes ao reservatório, pois existe uma grande uma incerteza em relação ao volume e a qualidade da reserva.

Na economia à incerteza de mercado é caracterizada como uma conjectura em que os rumos a serem tomados pelo mercado não são previsíveis, ou seja, são incertos. A indústria de petróleo é um ramo, assim como muitos outros suscetível a esse tipo de incertezas, o mercado de petróleo é crucial para a história do capitalismo, logo não está imune aos efeitos de recessão da economia mundial. Neste trabalho será estudado, além das incertezas técnicas supracitadas, a incerteza de mercado, a mesma está totalmente vinculada ao preço futuro do petróleo, o estudo objetiva modelar essa incerteza a fim de obter resultados mais significativos a pesquisa.

3. METODOLOGIA

Para a realização da análise, utilizou-se dados como o preço do petróleo, o mesmo corresponde a um período mensal de 30 anos, iniciado em janeiro de 1990 à dezembro de 2020, os dados são provenientes da base Bloomberg – 2020. Utilizou-se também dados referentes ao Índice de Preços ao Consumidor (CPI), sendo coletado através do *software R* utilizando o pacote *quantmod*, o período de coleta foi o mesmo supracitado. Para análise usou-se os dados publicados no edital do leilão Excedente da Cessão Onerosa, ANP-2019.

A metodologia geral abordada neste estudo, iniciou-se com a definição do problema, onde foi feito o levantamento dos dados necessários, possibilitando a definição dos outros dados de entrada para a implementação do modelo, como a taxa livre de risco, a volatilidade e a taxa de conveniência. Isto posto, o modelo foi elaborado, aplicando o “Modelo de Fluxo de Caixa Rígido” (FCR), onde foi feito o

cálculo do VPL do projeto sem nenhum tipo de investimento em informação, sendo assim, penalizado pela falta da mesma, o VPL do projeto com informação, através da simulação em $t = 1$ das três incertezas citadas anteriormente, sendo elas, o preço do petróleo que segue um movimento geométrico Browniano (MGB) neutro ao risco, a qualidade e o volume do reservatório com distribuição triangular. O modelo faz uma combinação das três incertezas do problema. O estudo foi realizado através da elaboração de cenários de reservatório e de preço de petróleo utilizando o software *@Risk*, a combinação dos cenários de volume, qualidade da reserva e do preço futuro do petróleo foi feita através do método da Simulação de Monte Carlo.

Objetivando avaliar o valor da opção no tempo, verificou-se o VPL obtido na análise a fim de perceber se é mais vantajoso comprar ou não o direito de exploração do Bloco 123.

1.1 MOVIMENTO GEOMÉTRICO BROWNIANO

O Movimento Browniano Geométrico (MGB) é um caso particular do Processo de Itô, usado para encontrar a diferencial de uma função dependente do tempo de um processo estocástico. Segundo Dixit & Pindyck (1994), o MGB é utilizado para modelar o preço das ações, taxa de juros, taxa salarial, preços de produtos, dentre outras variáveis econômicas e financeiras. Este é o processo mais utilizado, pois o mesmo é uma boa representação para uma grande parte dos ativos, assumindo que a variável segue uma distribuição normal com a tendência e a volatilidade do processo constante.

Objetivando valorar uma opção real, precisa ser cauteloso ao escolher o método a ser aplicado, optando pelo mais eficiente. Este trabalho busca estudar opção real em tempo contínuo, que segue um MGB, utilizando o modelo de precificação através da equação diferencial parcial (EDP) de Black & Sholes & Merton (B&S&M).

Segundo Dias (2014) a utilização de dois modelos para projetos de desenvolvimento da produção de petróleo é o mais eficiente, neste modelo o preço do petróleo é o principal fator de incerteza, afetando significativamente a atratividade do projeto. Os modelos são chamados de “Modelo de Negócios” e “Fluxo de Caixa Rígido”.

O “Modelo de Negócio” assume que o valor do barril (V) de reserva é proporcional ao preço do barril de petróleo na superfície (P) e que o fator de proporcionalidade é chamado de qualidade econômica da reserva (q). Temos que (B) é a quantidade de petróleo recuperável economicamente (em barril). Temos então a expressão do VPL:

$$VPL(P; q; B) = q \cdot B \cdot P - I - C \quad (1)$$

Estes modelos consideram que o valor do ativo segue um MGB com os mesmos parâmetros do preço do petróleo. Este trabalho utiliza o modelo de “Fluxo de Caixa Rígido”.

1.2 MODELO

Buscando modelar o estudo de caso do bloco 123, foi utilizado o software *@Risk*, o mesmo executa a análise de risco através da simulação de Monte Carlo, a dinâmica consiste na criação de inúmeros cenários possíveis com suas distribuições de probabilidade. Tendo estudado as incertezas técnicas e de mercado, optou-se por modelar três parâmetros: o volume da reserva (B), a qualidade da reserva (q) e o preço futuro de petróleo (P).

Para modelar as incertezas técnicas referentes ao reservatório foi necessário estudar um pouco mais da literatura a fim de encontrar o tipo de distribuição a se considerar. Após encontrar os valores de mínimo, mais provável e máximo, optou-se por utilizar a distribuição triangular por ser simples e resultar uma boa aproximação das probabilidades de ocorrência. Tratando-se da incerteza de mercado, a mesma foi modelada através de um Movimento Geométrico Browniano (MGB) neutro ao risco, como dito anteriormente, com o objetivo de fazer uma combinação com as incertezas técnicas.

O investimento e custo operacional foram considerados constantes. Isto posto, a simulação gera uma curva de probabilidade de VPL, onde a opção só é exercida quando o VPL é positivo, e trazido para o valor presente pela taxa livre de risco.

4. APLICAÇÃO E RESULTADOS

Para a análise dos dados supracitados, utilizou-se o software *R studio* para a análise de tendência da série e elaboração do modelo. Isto posto, utilizou-se o *@Risk* para gerar uma simulação de Monte Carlo de 10.000 iterações, sendo assim possível observar os resultados do caso base. Serão apresentados os resultados para o cenário de investir ou não na compra de bloco 123, buscando por meio de (OR) minimizar as incertezas sobre o reservatório, como o volume (B) e a qualidade (q) da reserva. Como isso implica em esperar um período e tomar a decisão em $t = 1$, foi realizada também a simulação para a expectativa futura do preço do petróleo neutro ao risco (P) que segue um MGB. Com a análise destas três variáveis estocásticas combinadas, foi possível gerar o valor do projeto neutro ao risco.

Na tabela 1, pode-se observar os dados utilizados para iniciar a análise, como o custo operacional (C), valor do investimento (I) e a taxa livre de risco real (r).

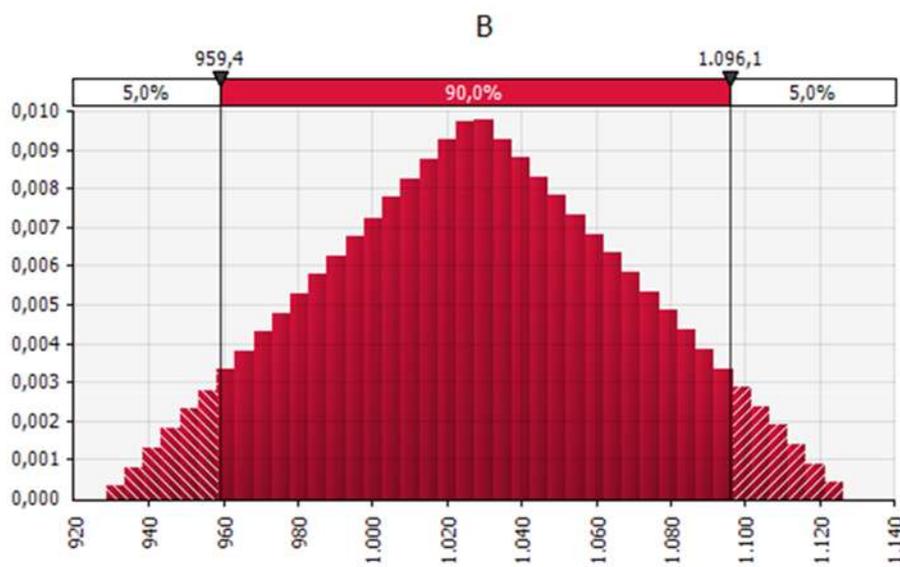
Tabela 1 – Dados complementares para análise

r	8%
I	2.171
C	959

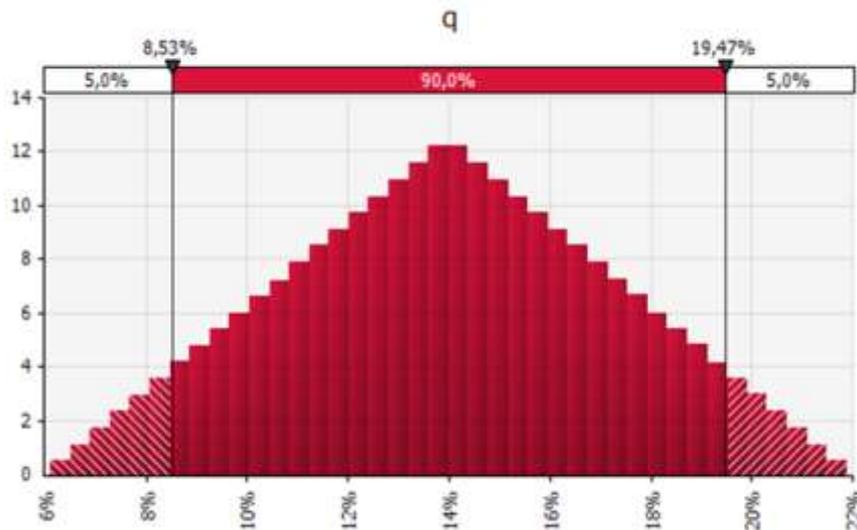
Fonte: Elaboração própria

Na figura 1 é possível observar o resultado da distribuição de probabilidade dos possíveis cenários para a incerteza técnica sobre o volume da reserva (B). Trata-se de uma distribuição triangular com mínimo de 928, médio de 1028 e máximo de 1128, para uma simulação de Monte Carlo de 10.000 cenários.

Figura 1 – Distribuição triangular para o volume da reservar (B)



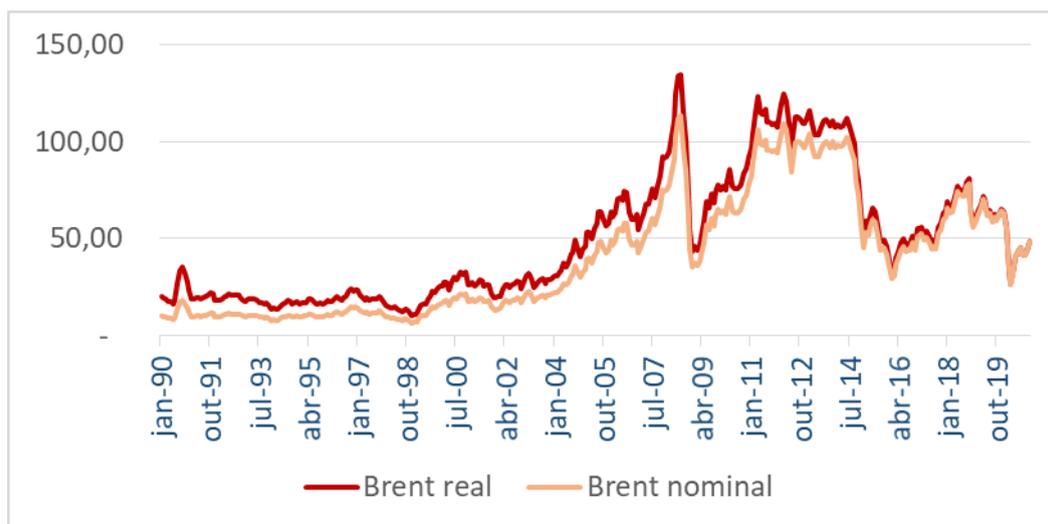
Fonte: Elaboração própria com base nos dados analisados.

Figura 2 – Distribuição triangular para a qualidade da reserva (q)

Fonte: Elaboração própria com base nos dados publicados por Zidan (2019).

Buscando modelar a incerteza de mercado sobre o preço do petróleo, implementou-se no software *R studio* um modelo de regressão linear, objetivando obter a volatilidade e a tendência dos dados históricos de 30 anos do *Brent*. Na figura 3 é possível observar o comportamento da série histórica do Brent real e do nominal, nota-se que a série real atinge seu ponto de máximo em junho de 2008, a um valor de 134,56 US\$, e a nominal com 111,72 US\$.

Figura 3 – Histórico Brent (US\$/bbl)



Fonte: Bloomberg – 2020

Isto posto, na tabela 2 é possível observar os dados utilizados para simular o MGB, juntamente com a equação do mesmo, em tempo contínuo.

Tabela 2 – Dados e equação MGB

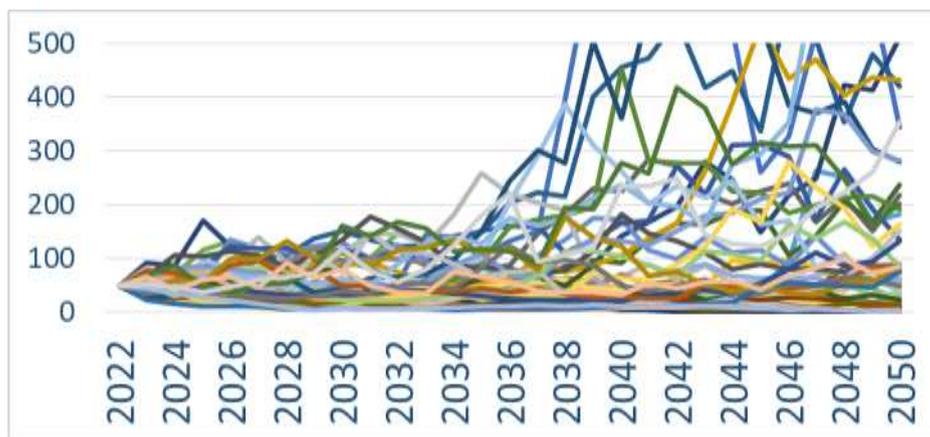
Equação	$V_{t+1} = V_t + \mu V_t + \sigma V_t \varepsilon \sqrt{\Delta t} \quad \varepsilon \approx N(0,1)$
V_0	50 \$
Drift	5,16% a.a
Desvio Padrão (Volatilidade)	31,51% a.a

Fonte: Elaboração própria com base nos dados analisados

Onde μ trata-se da taxa de retorno esperado e σ a volatilidade do valor do ativo.

Na figura 4, pode-se observar o gráfico gerado por simulação MGB, sobre o preço do petróleo.

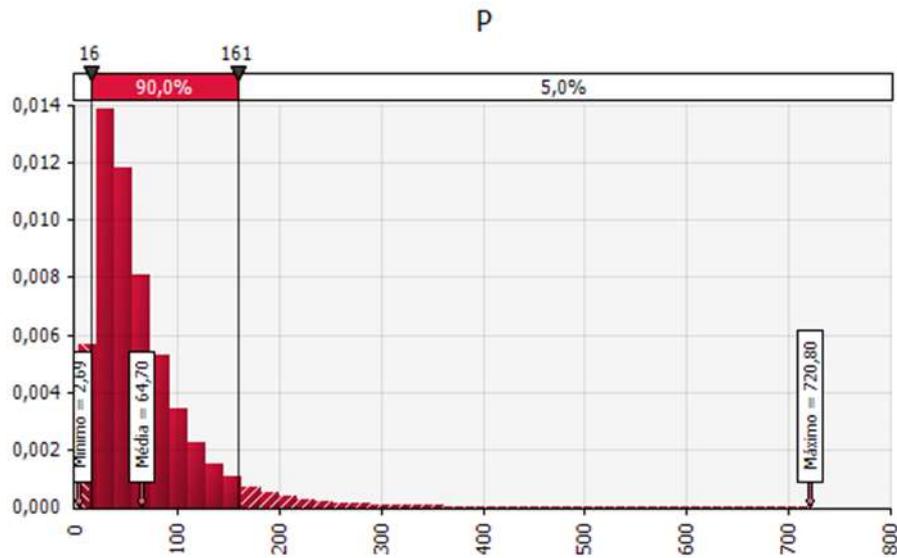
Figura 4 – Simulação MGB, preço do petróleo



Fonte: Elaboração própria com base nos dados simulados

Então por simulação de Monte Carlo de 10.000 cenários no @Risk, após fazer o MGB, sobre a incerteza de mercado, ou seja, o preço do petróleo (P), pode-se observar a figura 5, onde $\mu = 5,16 a. a$ e $\sigma = 31,51 a. a$.

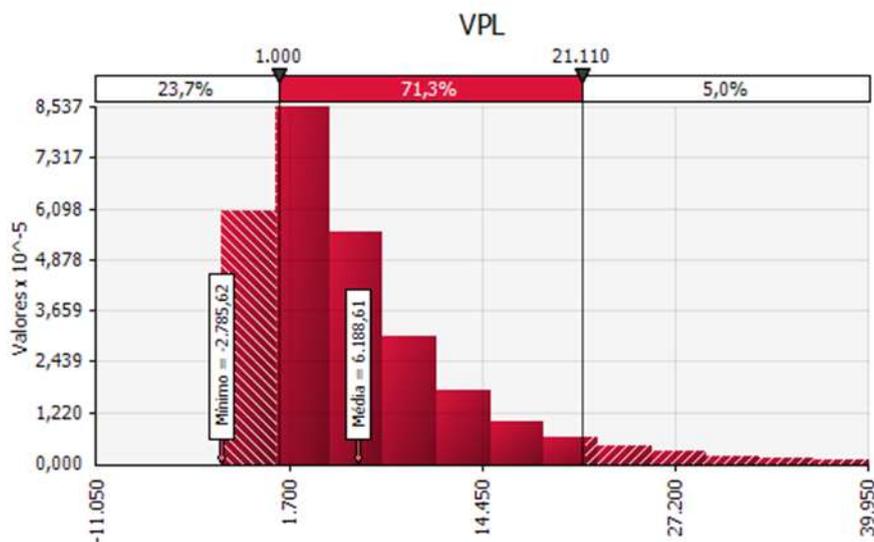
Figura 5 – Movimento geométrico Browniano para o preço do petróleo (P)



Fonte: Elaboração própria, com base nos dados simulados

Isto posto, na figura 6 pode-se observar o gráfico do VPL calculado, através da equação (1) supracitada. Para o cálculo foram consideradas as três incertezas (B), (q) e (P). Nota-se que o resultado obtido foi um VPL positivo de 6.188,61\$.

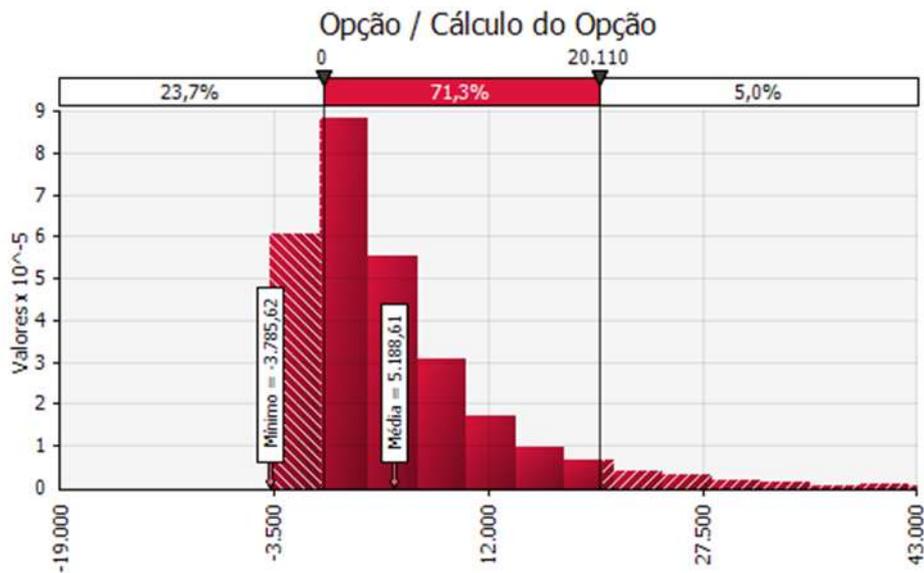
Figura 6 - VPL



Fonte: Elaboração própria

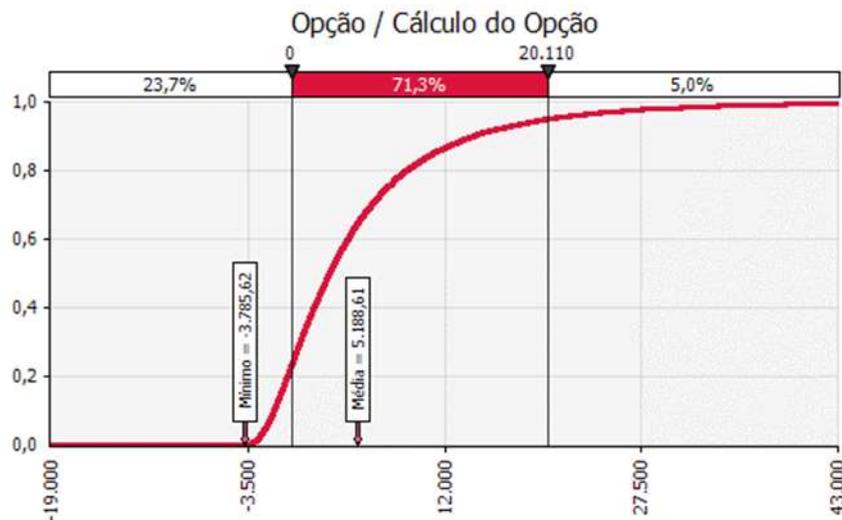
Nas figuras 7 e 8 pode-se observar o resultado do valor da opção em $t = 1$, a opção tem uma probabilidade de 23,7% de assumir VPL negativo, nota-se que o valor médio da opção é de 5.188,61\$.

Figura 7 - Opção



Fonte: Elaboração própria com base nos dados analisados

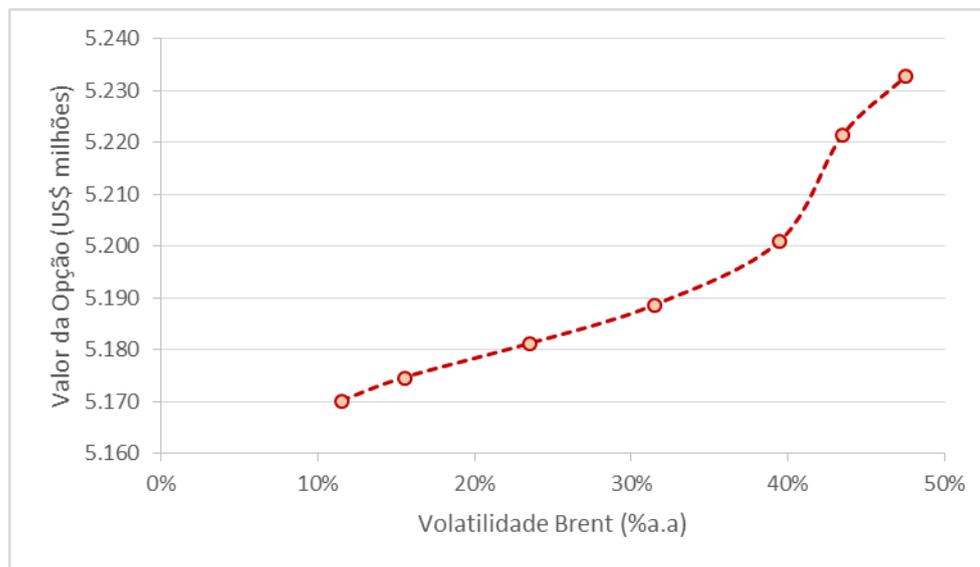
Figura 8 – Cálculo da opção



Fonte: Elaboração própria com base nos dados analisados

A figura 9 apresenta uma análise de sensibilidade sobre o valor da opção x a volatilidade do Brent, a mesma possibilidade verificar que quanto maior a volatilidade do preço do petróleo, maior o preço da opção, ou seja, quando o Brent aumenta o preço na opção também aumenta.

Figura 9 – Valor da opção x volatilidade do Brent



Fonte: Elaboração própria com base nos dados analisados

5. CONCLUSÃO

Este estudo objetivou avaliar por meio de (OR) a compra do direito de exploração petrolífera no bloco 123 na Bacia de Santos. Em 2022 a ANP busca promover a 25ª Rodada de Cessão de Blocos, objetivando a outorga de contrato de concessão para a prática de atividades de exploração de petróleo e gás natural, a área em questão possui 23.000 km² e a fase de exploração seria de um período correspondente a 8 anos, o prazo total do contrato é de 30 anos. O bônus a ser pago pela empresa interessada em adquirir este bloco é de US\$ 1.000 MM, e durante a fase de exploração exige-se um Programa Exploratório Mínimo (PEM) com a perfuração de 1 poço na região. As incertezas analisadas referentes à exploração da área são, o preço do petróleo, o volume e a qualidade do óleo e gás. Isto posto, analisou-se as incertezas separadamente utilizando o @Risk, foi feita uma simulação de 10.000 cenários pelo método de Monte Carlo, onde a qualidade do petróleo assumiu uma distribuição triangular com valor mínimo é de 6%, médio de 14% e máximo igual a 21%, tratando-se da incerteza sobre o volume, a mesma também assumiu uma distribuição triangular, apresentando mínimo de 928, volume médio de 1028 e máximo de 1128, já para simulação do preço do petróleo utilizou-se o MGB, apresentando taxa de retorno esperado igual a 5,16% a.a e volatilidade do valor do ativo de 31,51% a.a. Com isto foi possível calcular o valor da opção de adquirir o bloco 123, sendo este de \$5.188, verificou-se também que a probabilidade de acontecer um VPL menor ou igual a zero é de 23,7%, e por fim pode-se notar que conforme a volatilidade do preço do petróleo aumenta o valor da opção também cresce, ou seja, um comportamento esperado pela literatura.

REFERÊNCIAS

- DIAS, M. A. G. Análise de investimentos com opções reais – Teoria e prática com aplicações em petróleo e em outros setores - Volume 2: Processos estocásticos e opções reais em tempo contínuo. Editora Interciência, 2015. 496p.
- DIXIT, A. K.; PINDYCK, R. S. Investment under Uncertainty. Princeton University Press, 1994.
- GONÇALVES, Raphael M. Teoria das opções reais: a aplicação dessa ferramenta na análise de investimentos de pesquisa e desenvolvimento no setor de petróleo e gás natural. Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, 2016.
- MAGALHÃES, Frederico J. Avaliação de campo de petróleo maduro por opções reais. Faculdade de Economia e Finanças IBMEC, 2006.
- MINARDI, Andrea M. Teoria de opções aplicada a projetos de investimento, Revista de Administração de Empresas – ERA, 2000.
- MINISTERIO DE MINAS E ENERGIA. Portaria nº 213, de 23 de Abril de 2019
- SAUER, I. I. , ESTRELLA, D.O. G., Nota técnica: Avaliação do Leilão do Óleo dos Campos da Cessão Onerosa. Universidade de São Paulo. Instituto do Meio Ambiente. 2019
- SILVA, Régis Y. Proposta de metodologia de avaliação de portfólio por opções reais, considerando o valor da informação: um estudo de caso em exploração de petróleo. Fundação Getúlio Vargas Escola de pós-graduação em economia- EPGE, 2010.
- ZIDAN, L. E., Análise econômica de projetos de exploração e produção de petróleo com unitização através do uso de opções reais. PUC-RIO. 2019