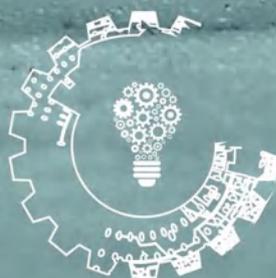


# TECNO21

*Ciência e  
Desenvolvimento*



2021

***TECNO21***  
***Ciência e Desenvolvimento***  
***v.1***

T2559 TECNO21 Ciência e Desenvolvimento v.1 / Organizadores:  
Francisco et al.

— Campina Grande: EPTEC, 2021.  
74 f.: il. color.

ISBN: 978-65-00-18106-7

1. Desenvolvimento Tecnológico. 2. Ideias Inovadoras. I.  
Francisco, Paulo Roberto Megna. II. Ribeiro, George do  
Nascimento. III. Título.

CDU 62

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



### **Créditos de Imagens da Capa**

Pixabay.com

### **Editoração, Revisão e Arte da Capa**

Paulo Roberto Megna Francisco

### **Conselho Editorial**

Djail Santos (CCA-UFPB)  
Dermeval Araújo Furtado (CTRN-UFCG)  
George do Nascimento Ribeiro (CDSA-UFCG)  
Josivanda Palmeira Gomes (CTRN-UFCG)  
João Miguel de Moraes Neto (CTRN-UFCG)  
José Wallace Barbosa do Nascimento (CTRN-UFCG)  
Juarez Paz Pedroza (CTRN-UFCG)  
Lúcia Helena Garófalo Chaves (CTRN-UFCG)  
Luciano Marcelo Fallé Saboya (CTRN-UFCG)  
Paulo da Costa Medeiros (CDSA-UFCG)  
Paulo Roberto Megna Francisco (CTRN-UFCG)  
Soahd Arruda Rached Farias (CTRN-UFCG)  
Virgínia Mirtes de Alcântara Silva (CTRN-UFCG)

Paulo Roberto Megna Francisco  
George do Nascimento Ribeiro  
(Organizadores)

***TECNO21***  
***Ciência e Desenvolvimento***  
***v.1***



1.a Edição  
Campina Grande-PB  
2021

## Realização



## Apoio



## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| <b>Capítulo I</b> .....  | 6  |
| <i>POTENCIAL DE FOLHAS SECAS DE AMENDOEIRA-DA-PRAIA (TERMINALIA CATAPPA L.) COMO FONTE DE CARBONO PARA PRODUÇÃO DE CELULASES</i> ..... | 6  |
| <b>Capítulo II</b> .....   | 13 |
| <i>APLICAÇÃO DO MÉTODO MESMIS PARA ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE DE SAFS EM ALAGOA NOVA-PARAÍBA</i> .....                                | 13 |
| <b>Capítulo III</b> .....  | 23 |
| <i>APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM E DA REALIDADE AUMENTADA EM CONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÃO</i> .....  | 23 |
| <b>Capítulo IV</b> .....   | 35 |
| <i>POTENCIAL NATURAL DE EROSÃO E LIMITE DE TOLERÂNCIA DE PERDAS DE SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE DO NAMORADO</i> .....           | 35 |
| <b>Capítulo V</b> .....  | 50 |
| <i>MAPEAMENTO E ANÁLISE DA EROSIVIDADE DA CHUVA NA BACIA DO ALTO RIO PARAIBA</i> .....   | 50 |
| <b>Capítulo VI</b> .....   | 60 |
| <i>ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: EXPECTATIVA E SATISFAÇÃO DO PROFISSIONAL</i> .....  | 60 |
| <i>Curriculum dos Organizadores</i> .....  | 73 |

## Capítulo I

# **POTENCIAL DE FOLHAS SECAS DE AMENDOEIRA-DA-PRAIA (TERMINALIA CATAPPA L.) COMO FONTE DE CARBONO PARA PRODUÇÃO DE CELULASES**

**Roberto Rodrigues de Souza**

Professor Associado, UFS/CCET, São Cristóvão-SE, rrsouza.br@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-8919-2675>

**Isabelly Aparecida Santos Oliveira**

Acadêmica em Química Industrial, UFS/CCET, São Cristóvão-SE, bellyolli@gmail.com

 <http://lattes.cnpq.br/6102835329090949>

**Rosiane dos Santos**

Doutoranda Programa de Pós Graduação em Biotecnologia RENORBIO-SE, UFS, São Cristóvão,

rosiane@academico.ufs.br

 <https://orcid.org/0000-0002-0597-6446>

**Keilla Santos Cerqueira**

Doutoranda Programa de Pós Graduação em Engenharia Química, UFBA/PPEQ, Salvador-BA,

keilla.santos@ufba.br

 <https://orcid.org/0000-0002-1308-0754>

## Introdução

Os resíduos urbanos sólidos podem gerar um passivo ambiental problemático em termos de saúde pública tendo em vista à necessidade de recursos financeiros e logístico para seu descarte e tratamento. No entanto, é possível reaproveitar esses resíduos, principalmente na geração de subprodutos de valor agregado, gerando desenvolvimento econômico e social sustentável e ambientalmente saudável (NEVES et al., 2020).

Durante a última década, o interesse no uso de resíduos lignocelulósicos para produção de biocombustíveis aumentou devido sua abundância, natureza renovável e disponibilidade de substrato a custo baixo (CATELAN & PINOTTI, 2019). A biomassa produzida a partir de resíduo vegetal possui potencial relevante para a produção de bioetanol de segunda geração, tendo em vista sua composição rica em extrativos que após tratamento eficiente podem ser convertidos em carboidratos fermentáveis. Além disso, pode ser utilizada como substrato para produção de enzimas celulolíticas que podem ser empregadas com grande interesse na indústria biotecnológica (CAVALCANTE et al., 2018).

A biomassa celulósica é uma fonte renovável de carbono e energia, disponível em grandes quantidades. Espera-se que a produção de etanol celulósico a partir de partes residuais de culturas alimentares (caule, folhas e cascas), cultura não comestível, resíduos florestais e resíduos industriais de lignocelulose sejam capazes de sustentar o fornecimento de bioetanol (WINARSIH & SISKAWARDANI, 2020). O custo da celulase é responsável por mais de 40% do custo total de bioconversão da celulose em açúcares fermentáveis (SARSAIYA et al., 2019), a disponibilidade de celulases a baixo custo, assim como a utilização de substratos mais baratos podem ser soluções para atender à crescente demanda por biocombustíveis.

Nesse contexto, a amendoeira (*Terminalia catappa* L.) cultura originária da Índia e Malásia que apresenta crescimento rápido e adapta-se a um largo espectro de solos sendo uma planta intensamente utilizada na arborização urbana e rural no Brasil, gerando um acúmulo de folhas secas, pode ser uma alternativa viável para a produção de enzimas do tipo celulase, bem como para a produção de etanol de segunda geração a partir da biomassa lignocelulósica produzida e pré-tratada por métodos químicos/enzimáticos para a hidrólise de

celulose e hemicelulose, fornecendo carboidratos (hexoses e pentoses), que posteriormente podem ser convertidos a etanol por microrganismos fermentadores (SANTOS & TEXEIRA, 2010; CAMBI, 2017).

As celulases são produzidas por vários microrganismos, incluindo bactérias e fungos, sendo esses últimos de grande interesse porque excretam suas enzimas extracelularmente (HOUFANI et al., 2020). Na produção de celulases tem sido empregado o uso de fungos filamentosos, devido ao alto rendimento na produção desta classe de enzimas. Entre eles, destaca-se o *Aspergillus niger*, fungo de desenvolvimento rápido e fácil cultivo que produz metabólitos de interesse biotecnológico com eficiência evidenciada (CATELAN & PINOTTI, 2019).

O custo na produção de enzimas também pode ser reduzido com adoção do tipo de fermentação adequada a processos que empregam resíduos celulósicos. Ambos os processos de fermentação, sólido e líquido, podem ser usados para produção de enzimas, mas a fermentação em estado sólido apresenta maiores vantagens, pois requer menos capital, menos energia, tem produtividade superior, não exige um controle rigoroso de parâmetros de fermentação e produz menos líquidos residuais (TELES et al., 2019; LEITE et al., 2020). A fermentação em estado sólido (SSF) quando realizada com resíduos agrícolas agregam valor e diminui o custo da produção de enzimas, reduzindo a quantidade de resíduos sólidos e aumentando a gestão ambiental correta dos resíduos agrícolas (LEITE et al., 2020).

Diante disto, o objetivo desse estudo é avaliar folhas secas de amendoeira-da-praia (*Terminalia catappa* L.) como substrato para cepas de *Aspergillus niger* para a produção de celulases com potencial para uso na produção de etanol de segunda geração.

## Material e Métodos

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Biotecnologia Ambiental (LABAM) da Universidade Federal de Sergipe (UFS). Os ensaios de fermentação e produção do caldo enzimático foram baseados na metodologia descrita por Cavalcante et al. (2018) com algumas modificações.

A matéria prima principal utilizada nesse estudo foram folhas secas de amendoeira-da-praia (*Terminalia catappa* L.) obtida no Campus da Universidade Federal de Sergipe (10°55'29.4"S 37°06'09.8"W). O microrganismo

utilizado foi o fungo filamentososo *Aspergillus niger*, isolado do solo pelo Grupo de Engenharia de Sistemas Biológicos (BIOSE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro e cedido pelo Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS).

Inicialmente, as folhas utilizadas como substrato foram submetidas à lavagem para retirada das impurezas e posterior secagem a 50°C durante 5 dias em estufa com circulação de ar. Em seguida, foram trituradas a fim de obter-se material de granulometria aproximada de 20 Mesh. A biomassa obtida e armazenada livre de umidade e mantida à temperatura ambiente.

A determinação dos teores de umidade e cinzas foi realizada baseando-se no padrão NREL Determination of Total solids in Biomass (SLUITER et al., 2005a) e NREL "Determination of Ash in Biomass (SLUITER et al., 2005b) respectivamente. Além disso, para a determinação de extrativos seguiu-se os procedimentos padrões descritos do NREL Determination of Extractives in Biomass (SLUITER et al., 2005c) e adaptação da norma TAPPI T 204 om-88 Solvent Extratives of Wood and Pulp (TAPPI, 1996), enquanto que para a determinação do teor de lignina solúvel e insolúvel, a metodologia descrita no NREL Determination Acid Soluble Lignin Concentration Curve by UV-Vis Spectroscopy (HYMAN et al., 2007), Determination of Acid-Insoluble Lignin in Biomass (TEMPLETON & EHRMAN, 1995) respectivamente.



Figura 1. Folha de amendoeira-da-praia (*Terminalia catappa* L.) após processo de secagem em estufa.

O microrganismo utilizado para a produção das celulases foi do tipo *Aspergillus niger*. A cultura dos fungos foi semeada em tubos inclinados contendo meio sintético de ágar batata dextrose (Potato Dextrose Agar – PDA) e mantidos à 30°C por 7 dias, até o crescimento do fungo (Figura 2A). Após fase de crescimento, as colônias foram propagadas em placas de petri contendo meio de propagação produzido a partir de extrato de carne (0,8 g/L), extrato de levedura (0,8 g/L), Cloreto de Sódio (2,5 g/L) e mantido nas mesmas condições da fase de crescimento (Figura 2B) (RIBEIRO et al., 2018).



A



B

Figura 2. Tubos contendo fungos em fase de crescimento (A) e Placa contendo *Aspergillus niger* em estado de propagação (B).

O inóculo foi preparado em erlenmeyers, utilizando-se 50 mL da solução estéril de Tween 80 na concentração de 0,01% (v/v) (CAVALCANTE et al., 2018). Os microrganismos foram transferidos para a solução por meio de raspagem dos esporos contidos nas placas de petri e agitação, Figura 3.



Figura 3. Suspensão estéril de esporos de *Aspergillus niger* inoculados em Tween 80.

A fim de acompanhar o desenvolvimento dos microrganismos, foram realizadas contagens dos esporos em câmara de Neubauer, com o auxílio de um microscópio, metodologia adaptada de Cavalcante et al. (2018). A concentração de esporos utilizada como inóculo foi de  $2,0 \times 10^7$  (esporos/gramas de meio sólido) e calculada de acordo com a Equação 1 (CAVALCANTE et al., 2018).

$$V_{\text{inóculo}} = \frac{C_{\text{desejada}} \cdot m_{\text{substrato}}}{C_{\text{calculada}}} \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que:  $V_{\text{inóculo}}$  é o volume de inóculo em mL;  $M_{\text{substrato}}$  é a massa de substrato usada na fermentação em gramas;  $C_{\text{desejada}}$  é a concentração final de esporos na fermentação (esporos/gramas); e  $C_{\text{calculada}}$  é a concentração de esporos na suspensão (esporos/mL).

A fermentação em estado sólido foi realizada utilizando-se 7,5g do substrato (folha da amendoeira-da-praia) pesados em

erlenmeyer de 250 mL e esterilizados em autoclave a 121°C durante 15 minutos. Após o resfriamento, foi adicionado 10 mL de solução nutriente e 5 mL do inóculo contendo esporos de *Aspergillus niger*. O meio foi incubado a 30°C por um período de 120 h. Depois de finalizado o período de fermentação, água destilada, na proporção de 1:10 (m/v) foi adicionada aos erlenmeyers a fim de obter-se o caldo rico em enzimas celulolíticas (CAVALCANTE et al., 2018).

O Extrato enzimático produzido foi submetido à agitação de 120 rpm em temperatura de 30°C durante 1 h e em seguida, filtrado à vácuo e o sobrenadante que é a fonte rica em enzimas foi utilizado para as determinações das atividades enzimáticas (CMCase e FPase) e concentração de açúcares redutores formados (ART's). A atividade da celulase total (FPase) e da endoglucanase (CMCase) foi realizada segundo adaptação da metodologia descrita por Ghose (1987), enquanto a quantificação dos açúcares formados pela reação das enzimas presentes com o respectivo substrato foi realizada seguindo metodologia adaptada de Miller (1959), método de DNS.

A concentração de açúcar correspondente à uma dada medida de absorbância foi calculada através de uma curva padrão de glicose, obtida conforme descrito por Adney e Baker (1996). O método DNS também foi empregado na determinação de açúcares redutores totais no extrato enzimático.

## Resultados e Discussão

### Caracterização das fibras lignocelulósicas *in natura*

A biomassa lignocelulósica utilizada no trabalho é produzida a partir de folhas secas de amendoeira-da-praia (*Terminalia catappa L.*) onde na Tabela 1 pode-se observar sua composição *in natura* principalmente em percentuais de lignina, cinzas, extrativos e umidade.

Tabela 1. Composição de peso seco das fibras lignocelulósicas *in natura*

| Parâmetros (%)    | Teor                     |
|-------------------|--------------------------|
|                   | Folha seca de amendoeira |
| Umidade (b.u.)    | 8,3                      |
| Cinzas            | 7,7                      |
| Extrativos        | 47,62                    |
| Lignina insolúvel | 22,55                    |
| Lignina solúvel   | 0,88                     |

O teor de umidade encontrado para as folhas secas de amendoira é de 8,3%, Oliveira et al. (2020) em seu trabalho com casca de pupunha obtiveram um teor de umidade de 4,7%, estes valores de umidade são adequados para o armazenamento das folhas, pois permite diminuição da proliferação de microrganismos e manutenção da estabilidade química, físico-química e bioquímica originais da biomassa em estudo (KOUHILA et al., 2020). Sendo necessária a sua reumidificação para os ensaios de FSS, como meio de recuperar a umidade inicial de equilíbrio que forneça atividade de água adequada para o crescimento e desenvolvimento do microrganismo (LIANG et al., 2020).

O teor de cinzas depende da espécie, idade, forma de colheita do material, e indica a quantidade de sais minerais presentes no material. Apesar do baixo teor de cinzas, as folhas secas de amendoira apresentam micronutrientes suficientes para o desenvolvimento microbiano. Silva et al. (2018) encontraram em seu trabalho utilizando *Ananas comosus* como matéria prima, valores de cinzas de 5,73%, já Oliveira et al. (2020) um teor de cinzas de 3,55% e ambos os trabalhos obtiveram enzimas com eficientes hidrólises para posterior produção de álcool de segunda geração.

O teor de extrativos encontrado é de 47,62%, valor superior ao encontrado por Oliveira et al. (2020), Silva et al. (2018) e Ämmälä et al. (2019) cujo teor de extrativos não passou de 2%. Este valor encontrado pode ser atribuído a diversos componentes estruturais da parede celular do material, como alguns sais, açúcares e polissacarídeos (solúveis em água), ácidos ou ésteres graxos, álcoois de cadeia longa, ceras, resinas e compostos fenólicos e glicosídeos (solúveis em solventes orgânicos) (HERNÁNDEZ et al., 2019).

Segundo Gaete et al. (2020), em seu trabalho sobre Propriedades com o teor de lignina, acessibilidade da celulose a enzimas e microrganismos e o grau de cristalinidade da celulose determinaram a digestibilidade total da biomassa e sua futura aplicabilidade. Nesse trabalho, o teor de lignina encontrado nas folhas secas de amendoira foi em torno de 23,43% e ficou dentro da faixa dos grandes grupos de resíduos agrícolas (20-36%) e abaixo do intervalo das gramíneas (25-50%). Delatorre et al. (2019), em seu trabalho com bagaço de cana de açúcar como substrato para produção de

celulases, obtiveram resultado de 22,28% em teor de lignina nas amostras controle, ficando bem próximo do valor encontrado nas folhas de amendoira.

#### Fermentação em estado sólido – atividades FPase e CMCase

Considerando que o tempo de produção de enzima é de suma importância do ponto de vista do custo de produção, deseja-se uma fermentação rápida e de alta eficiência, pois quanto maior o tempo maior será o gasto de energia para continuar a fermentação e conseqüentemente maior o tempo para obtenção do produto final (GARCÍA-DEPRAECT et al., 2019); MAIA et al., 2020)). Logo ao analisar o comportamento das enzimas produzidas em relação ao tempo de fermentação neste trabalho, pode-se observar com base na Figura 4, que, tanto a endoglucanase (CMCase), quanto a endoglucanase e exoglucanase (FPase) apresentam suas atividades ótimas após 24 horas de fermentação reduzindo assim o tempo e o custo energético de análise.

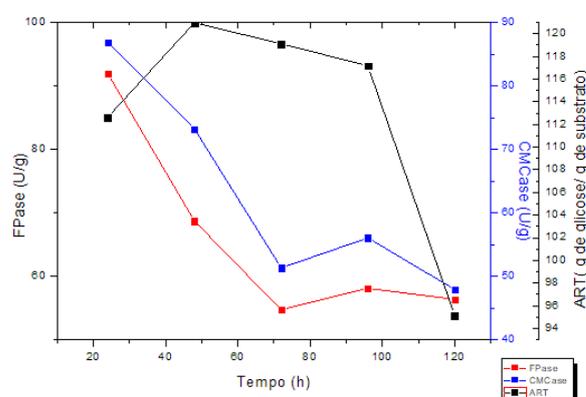


Figura 4. Determinação de açúcares redutores totais (ART's), atividade da celulase total (FPase) e da endoglucanase (CMCase) em resíduos de folhas secas de (*Terminalia catappa L.*) como fonte de carbono.

Pode-se observar na Figura 4, a celulase FPase apresenta maior índice de atividade após 24 horas, apresentando uma concentração de 91,97 U/g, durante esse período ocorre uma diminuição na quantidade de açúcares redutores totais, provavelmente como efeito de consumo destes pelo microrganismo. Além disso, percebe-se um declínio no valor da atividade no período entre 48 e 72 horas e pequena variação nos valores de açúcar

reduzidor. Após 120 horas evidenciando-se um consumo máximo dos ART's pelo microrganismo após esse tempo.

Quanto ao perfil da atividade enzimática CMCase, observa-se comportamento semelhante à FPase, tendo seu máximo valor após 24 horas, com concentração de 86,82 U/g, e diminuição na quantidade de açúcares redutores totais. Nos intervalos entre 72 e 120 horas, ocorre uma queda na atividade enzimática e uma oscilação pequena nos ART's. Depois de 120 horas a atividade e os açúcares redutores obtiveram seus valores mínimos no processo.

### Conclusão

O fungo *Aspergillus niger* foi capaz de secretar celulases por fermentação em estado sólido utilizando a folha seca da amendoeira como fonte de carbono.

A endoglucanase (CMCase), quanto a endoglucanase e exoglucanase (FPase) apresentaram suas atividades ótimas após 24 horas de fermentação reduzindo assim o tempo e o custo energético de análise. A celulase FPase teve maior índice de atividade após 24 horas, apresentando uma concentração de 91,97 U/g, enquanto ao perfil da atividade enzimática CMCase, observou-se comportamento semelhante à FPase, tendo seu máximo valor após 24 horas, com concentração de 86,82 U/g, e diminuição na quantidade de açúcares redutores totais.

Embora os resultados apontem para uma boa produção de celulases ainda com baixo teor de atividade quando comparada com a enzima comercial, os resíduos de folhas surgem como uma alternativa atraente para a produção dessas enzimas.

### Referências

ADNEY, B.; BAKER, J. Measurement of cellulase activities. Laboratory Analytical Procedure, v.6, n.465, p.1-8, 1996.  
ÄMMÄLÄ, A.; LAITINEM, O.; SIRVIÖ, J. A.; LIIMATAINEN, H. Key role of mild sulfonation of pine sawdust in the production of lignin containing microfibrillated cellulose by ultrafine wet grinding. Industrial Crops and Products, v. 140, p.111664, 2019.  
CAMBI, R. C.; SILVA, E. C.; MARTINS, R. V.; JUNGER, A. P.; GUERRA, S. M. G. Produção de etanol de 2ª geração a partir de materiais lignocelulósicos. Revista de Casos e Consultoria, v.8, n.1, p.8-13, 2017.

CATELAN, T. C.; PINOTTI, L. M. Avanço das pesquisas envolvendo *Aspergillus niger* e bagaço da cana-de-açúcar como fonte de carbono visando à produção de celulases: Uma análise bibliométrica. Revista Matéria, v.24, n.2, p.12376e, 2019.

CAVALCANTE, P. A. W.; COELHO, D. F.; SILVA, C. F.; ABUD, A. K. S.; SOUZA, R. R. de. Utilização de resíduos lignocelulósicos na produção de celulases por *Aspergillus niger* em fermentação em estado sólido. Scientia Plena, v.14, n.6, p.064203-1-9, 2018.

DELATORRE, A. B.; LADEIRA, S. A.; GONÇALVES, M. V. V. A.; BECKER, B. R.; MARTINS, M. L. L. Utilização do bagaço de cana como substrato para produção de celulases pelo microrganismo termofílico *Bacillus SP SMIA-2*. In: Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade, 2, 2019, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu, 2019.

GAETE, A. V.; DE SOUZA TEODORO, C. E.; MARTINAZZO, A. P. Utilização de resíduos agroindustriais para produção de celulase: uma revisão. Research, Society and Development, v.9, n.8, p.567985785e, 2020.

GARCÍA-DEPRAECT, O.; GÓMEZ-ROMERO, J.; LOPEZ-LOPEZ, A.; LEÓN-BECERRIL, E.; RENE, E. R. Enhanced biohydrogen production from the dark co-fermentation of tequila vinasse and nixtamalization wastewater: novel insights into ecological regulation by pH. Fuel, v.253, p.159-166, 2019.

GHOSE, T. Measurement of cellulase activities. Pure and Applied Chemistry, v.59, n.2, p.257-268, 1987.

HERNÁNDEZ, C.; ESCAMILLA-ALVARADO, C.; SÁNCHEZ, A.; ALARCÓN, E.; ZIARELLI, F.; MUSULE, R.; VALDEZ-VAZQUEZ, I. Wheat straw, corn stover, sugarcane, and Agave biomasses: chemical properties, availability, and cellulosic-bioethanol production potential in Mexico. Biofuels, Bioproducts and Biorefining, v.13, n.5, p.1143-1159, 2019.

HOUFANI, A. A.; ANDERS, N.; SPIESS, A. C.; BALDRIAN, P.; BENALLAOUA, D. Insights from enzymatic degradation of cellulose and hemicellulose to fermentable sugars—a review. Biomass and Bioenergy, v.134, p.105481, 2020.  
HYMAN, D.; SLUITER, A.; CROCKER, D.; JOHNSON, D.; SLUITER, J.; BLACK, S.; SCARLATA, C. Determination of Acid Soluble lignin Concentration Curve by UV-Vis Spectroscopy. National Renewable Energy Laboratory, v.510, n.42617, p.1-13, 2007.

KOUHILA, M.; MOUSSAOUI, H.; LAMSYEHE, H.; TAGNAMAS, Z.; BAHAMMOU, Y.; IDLIMAM, A.

- LAMHARRAR, A. Drying characteristics and kinetics solar drying of Mediterranean mussel (*mytilus galloprovincialis*) type under forced convection. *Renewable Energy*, v.147, p.833-844, 2020.
- LEITE, P.; SOUSA, D.; FERNANDES, H.; FERREIRA, M.; COSTA, A. R.; FILIPE, D.; GONÇALVES, M.; PERES, H.; BELO, I.; SALGADO, J. M. Recent advances in production of lignocellulolytic enzymes by solid-state fermentation of agro-industrial wastes. *Green and Sustainable Chemistry*, v.27, n.7, p.100407, 2020.
- LIANG, C. H.; WU, C. Y.; HO, W. J.; LIANG, Z. C. Influences of carbon and nitrogen source addition, water content, and initial pH of grain medium on hispidin production of *Phellinus linteus* by solid-state fermentation. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, v.130, n.6, p.616-621, 2020.
- MAIA, Y. L. M.; CORREIA, M. L. S.; NETO, J. V. S.; CASTRO, B. N. Kombucha: características e aspectos biológicos. *Referências em Saúde da Faculdade Estácio de Sá de Goiás-RRS-FESGO*, v.3, n.1, p.114-123, 2020.
- MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, v.31, n.3, p.426-428, 1959.
- NEVES, A. C.; COSTA, P.; RIBAS, N. G.; MOL, M. P. G. Análise da viabilidade de mini composteiras como método alternativo de descarte de folhas em locais de pequena geração de resíduos orgânicos. *Revista AIDIS*, v.13, n.2, p.251-262, 2020.
- OLIVEIRA, J. A. R.; DOS SANTOS OLIVEIRA, L.; CASSIANO, K. S. Hidrólise enzimática da casca da pupunha para produção de etanol de segunda geração/Enzymatic hydrolysis of pupunha shell for second generation ethanol production. *Brazilian Journal of Development*, v.6, n.4, p.19317-19327, 2020.
- RIBEIRO, B. C.; GOIS, I. M.; BISPO, D. F.; MARQUES, J. J.; SILVA, C. F. Isolamento e seleção de micro-organismos produtores de enzimas de interesse comercial. *Scientia Plena*, v.14, n.2, p.024201-1-10, 2018.
- SANTOS, M. N.; TEIXEIRA, M. L. F. Semente de amendoeira (*Terminalia catappa* L.) (Combretaceae) como substrato para o cultivo de orquídeas epífitas. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.32, n.2, p.339-343, 2010.
- SARSAIYA, S.; JAIN, A.; AWASTHI, S. K.; DUAN, Y.; AWASTHI, M. K.; SHI, J. Microbial dynamics for lignocellulosic waste bioconversion and its importance with modern circular economy, challenges and future perspectives. *Bioresource Technology*, v.291, p.121905, 2019.
- SILVA, J. S.; MALTA, V. R. S.; ROCHA, M. S. R. S.; ALMEIDA, R. M. R. G.; GOMES, M. A.; VICENTE, C. D.; BARBOSA, K. L. Hidrólise enzimática, fermentação e produção de biocombustíveis através da coroa de Ananas comosus. *Química Nova*, v.41, n.10, p.1127-1131, 2018.
- SLUITER, A.; HAMES, B.; RUIZ, R.; SCARLATA, C.; SLUITER, J.; TEMPLETON, D. Determination of Total solids in Biomass. *National Renewable Energy Laboratory*, v.510, n.42621, p.1-6, 2005a.
- SLUITER, A.; HAMES, B.; RUIZ, R.; SCARLATA, C.; SLUITER, J.; TEMPLETON, D. Determination of Ash in Biomass. *National Renewable Energy Laboratory*, v.510, n.42622, p.1-8, 2005b.
- SLUITER, A.; HAMES, B.; RUIZ, R.; SCARLATA, C.; SLUITER, J.; TEMPLETON, D. Determination of Extractives in Biomass. *National Renewable Energy Laboratory*, v.510, n.42619, p 1-12, 2005c.
- TAPPI. Technical Association of the Pulp and Paper Industry. TAPPI test methods T 204 om-88: solvent extractives of wood and pulp. Atlanta: Tappi Technology Park, 1996. 12p.
- TELES, A. S.; CHÁVEZ, D. W. H.; OLIVEIRA, R. A.; BON, E. P. S.; TERZI, S. C.; SOUZA, E. F.; GOTTSCHALK, L. M. F.; TONON, R. V. Use of grape pomace for the production of hydrolytic enzymes by solid-state fermentation and recovery of its bioactive compounds. *Food Research International*, v.120, p.441-448, 2019.
- TEMPLETON, D.; EHRMAN, T. Determination of Acid-Insoluble lignin in Biomass. *National Renewable Energy Laboratory*, v.510, n.42618, p.1-14, 1995.
- WINARSIH, S.; SISKAWARDANI, D. D. Hydrolysis of corncobs using a mixture of crude enzymes from *Trichoderma reesei* and *Aspergillus niger* for bioethanol production. *Energy Reports*, v.6, n.8 p.256-262, 2020.

## Capítulo II

# **APLICAÇÃO DO MÉTODO MESMIS PARA ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE DE SAFS EM ALAGOA NOVA-PARAÍBA**

**Igo Marinho Serafim Borges**

Universidade Estadual da Paraíba- UEPB  
igomarino27@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-3662-1859>

**Amanda Cristiane Gonçalves Fernandes**

Universidade Federal de Campina Grande- UFCG  
amandafernandestt@gmail.com

 <https://orcid.org/.0000-0001-8462-6171>

**Virginia Mirtes de Alcântara Silva**

Universidade Federal de Campina Grande- UFCG  
virginia.m.alcantara@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-6493-3203>

**Sandro Sanches dos Santos**

Universidade Estadual da Paraíba- UEPB  
sandrosanches27@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-8778-8619>

**Jean Oliveira Campos**

Universidade Federal da Paraíba - UFPB  
jeanoliveira@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-2874-754X>

## Introdução

A agricultura desempenha um papel estratégico para o crescimento e desenvolvimento de um país. O Brasil é o terceiro maior exportador mundial de produtos agrícolas e líder no mercado de alimentos orgânicos em América latina (ESTEVEZ, 2020).

A agricultura familiar é responsável por boa parte dessa produção respondendo por mais de 80% dos alimentos produzidos no país (TRICHES, 2012). Deve-se reconhecer a importância do fortalecimento da agricultura familiar, tendo em vista que, é ela a responsável por práticas de cultivo e manejos que proporcionam menor impacto ambiental ao espaço onde se encontram. Sendo assim, a busca por um sistema sustentável deve ser o foco tanto em uma visão local como em uma visão mais ampla (BORGES et al., 2020).

No Brasil, a maior parte dos alimentos consumidos diariamente no país tem origem na agricultura familiar, cerca de 70% do feijão e 87% da mandioca são provenientes deste setor da agricultura brasileira (SOUZA & DINIZ, 2010). É na região do semiárido brasileiro que se localizam os principais cultivos citados. A região Nordeste do país possui inúmeros polos de desenvolvimento da agricultura familiar que fornecem alimentos para as outras regiões e absorvem uma boa quantidade de mão de obra local. A diversidade na produção proporciona também uma grande variedade de tecnologias empregadas em cultivos e produções específicas, cada uma com suas necessidades e tipos de maquinários (MARQUES, 2005).

No estado da Paraíba, é a agricultura familiar que domina as produções no campo e abastecem os entrepostos de vendas de alimentos. No município de Alagoa Nova, brejo paraibano, predominam as culturas de hortaliças e fruticultura, onde, apesar da existência de informações sobre práticas agroecológicas, grande parte das propriedades utilizam manejos tradicionais com uso exagerado de agrotóxicos (SOUSA, 2009).

No entanto, poucos são as propriedades que trabalham a terra com práticas agroecológicas e sustentáveis de maneira a permitir um equilíbrio entre as práticas de manejo e as necessidades do meio ambiente onde estão inseridos (NUNES et al., 2020). Com vistas na sustentabilidade do agroecossistema das propriedades, se faz necessário o uso de manejo adequado dos recursos naturais a fim de prolongar a fertilidade e produtividade do solo

e contribuindo para uma melhor relação do Homem com o campo (BORGES et al., 2020).

De acordo com Torquebiau (1989), os sistemas agroflorestais (SAFs) preenchem muitos requisitos de sustentabilidade, por incluírem árvores no sistema de produção, por utilizarem os recursos locais e práticas de manejo que aperfeiçoam a produção diversificada aliada à conservação dos recursos naturais.

Os sistemas agroflorestais são usados atualmente em clima temperado, zonas subtropicais e tropicais e incluem uma ampla gama de usos do solo e práticas (FELICIANO et al., 2018).

Os sistemas agroflorestais (AFS), que associam plantas lenhosas perenes (árvores, arbustos e palmeiras), a safras transitórias e / ou criação de animais, oferecem oportunidades promissoras para a captura e armazenamento de carbono no solo (CHATTERJEE et al., 2018).

Para verificar a sustentabilidade destes agroecossistemas ou de outros tipos de sistemas pode-se utilizar de várias ferramentas, porém, os indicadores são de certa forma ferramentas que podem servir para uma análise rápida e eficaz, demonstrando a realidade de um determinado ecossistema em suas diferentes dimensões (KEMERICH et al., 2014).

Assim, o uso de indicadores é de extrema importância para produzir as condições de sustentabilidade dos sistemas de produção de uma determinada área. Portanto o comportamento de indicadores sociais, econômicos e ambientais nestes agroecossistemas revelam suas atuais condições de sustentabilidade, detectando seus pontos críticos, ponto de partida para a tomada de ações mitigadoras que visem elevar o grau de sustentabilidade na estrutura do sistema (BORGES et al., 2020).

Diante disso, Peneireiro (1999) cita que, sistemas agroflorestais conduzidos por princípios agroecológicos sugerem sustentabilidade por partirem de conhecimentos locais para desenhar sistemas produtivos adaptados ao potencial natural e a realidade local. Para isso, faz-se necessário um conhecimento das potencialidades e limitações da área estudada, a respeito dos aspectos ecológicos, econômicos e sociais. Dessa forma, as informações obtidas funcionam como pré-requisito para o redesenho dos modelos de produção, em concordância com o

desenvolvimento da agricultura sustentável (DEPONTI et al., 2002).

Para Altieri (1998), a sustentabilidade dos pequenos produtores deve mostrar um indicador, que estabeleça no mínimo quatro critérios, independentemente do método utilizado para avaliar essa sustentabilidade, são eles: manutenção da capacidade produtiva do agroecossistema; conservação dos recursos naturais e da biodiversidade; fortalecimento da organização social e, como consequência, diminuição da pobreza; fortalecimento das comunidades locais, preservando suas tradições, seu conhecimento e garantindo participação no processo de desenvolvimento.

Portanto o comportamento de indicadores sociais, econômicos e ambientais nestes agroecossistemas revelam suas atuais condições de sustentabilidade, detectando seus pontos críticos, ponto de partida para a tomada de ações mitigadoras que visem elevar o grau de sustentabilidade na estrutura do sistema (CAMPOS & CARVALHO, 2017). Um indicador sustentável deve ser entendido com a representação de um conjunto de dados, informações e conhecimentos, no sentido de avaliar o progresso ou retrocesso em relação a sustentabilidade. Os indicadores devem mostrar-se relevantes à sociedade, pois tem um papel indispensável na avaliação de sistemas agrícolas (ARAUJO, 2015).

O MESMIS propõe uma abordagem sistêmica para a sustentabilidade, integrando as dimensões econômico-sócio-ambiental, através da análise e levantamento de atributos da área estudada. O Método MESMIS indica como atributos equidade, autogestão, produtividade, estabilidade, resiliência, confiabilidade,

adaptabilidade (MASERA & LÓPEZ-RIDAURA, 2000; SOUZA & DINIZ, 2017).

Nesse aspecto, compreende-se por sustentabilidade dos agroecossistemas a manutenção da capacidade de sustentação do ecossistema em práticas cíclicas, que implicam na capacidade de absorção e recomposição do ecossistema em vista do uso antrópico, buscando a conservação dos recursos naturais, de modo que possam atender as necessidades presentes, sem comprometer a disponibilidade para as gerações futuras (CAMPOS & CARVALHO, 2017).

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo utilizar indicadores sociais, econômicos e ambientais para avaliar a sustentabilidade de uma propriedade rural de base familiar no Brejo Paraibano.

### Material e Métodos

A pesquisa foi desenvolvida numa propriedade rural de base familiar, localizada no município de Alagoa Nova-PB, Nordeste brasileiro (Figura 1) que apresenta estimativa populacional de 19.146 habitantes e possui extensão territorial de 122 km<sup>2</sup> (IBGE, 2006). A área de estudo caracteriza-se como SAF (Sistema de Agroflorestamento) de base familiar localizada na Granja Betel situada na comunidade Queira Deus em Alagoa Nova, sob as seguintes coordenadas: latitude 7°08'53" S e longitude 35°79'02" W e altitude 484.5 metros situada no Planalto da Borborema, a vegetação é típica de Agreste formada por florestas subcaducifólica, e o clima é ameno, característico de brejo de altitude com temperatura anual média de 22°C. O relevo é bastante irregular com altitudes de 300 a 550 metros (BECKER, 2012).

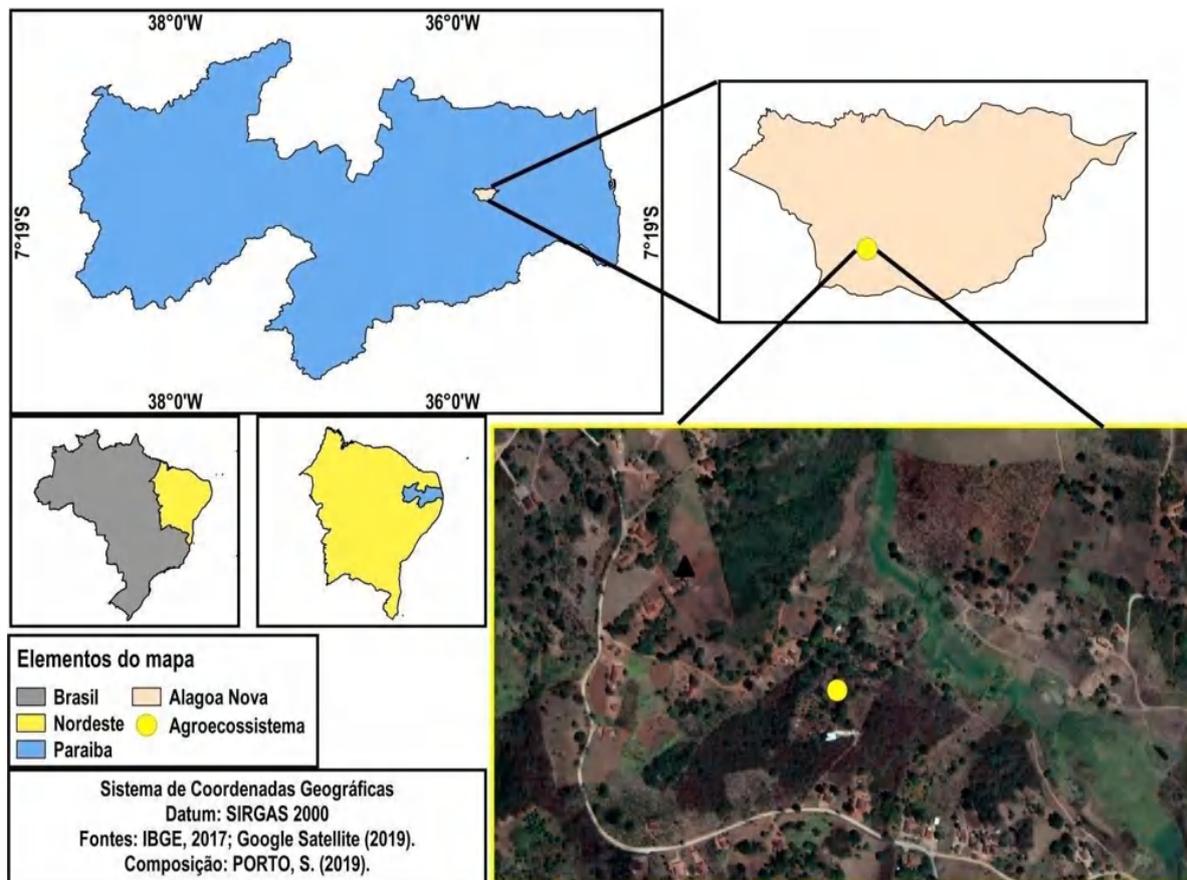


Figura 1. Localização da propriedade rural no município de Alagoa Nova. Fonte: Porto (2019).

A pesquisa foi realizada no período de agosto de 2018 a julho de 2019. No dia 23 de março de 2019, foi realizada a caracterização a partir das observações *in loco* e com aplicação de questionários, possibilitando o reconhecimento da área do estudo, suas características e especificidades.

A metodologia utilizada foi o Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporand Indicadores de Sustentabilidad - MESMIS (MASERA et al., 1999), adaptado para a região semiárida.

O MESMIS é definido através da análise de seis etapas: definição do ambiente de estudo; definição dos pontos críticos; seleção dos indicadores estratégicos; medição e monitoramento dos indicadores; apresentação e integração dos resultados; conclusão e recomendações para os agroecossistemas conforme (Figura 2).

O método avalia o agroecossistema a partir das três dimensões principais, social, econômica e ambiental, é amplamente utilizado pelo mundo, principalmente quando são avaliados casos de agricultura familiar ou campesina, com destaque para as práticas de

base ecológica, o método procura compreender de forma integral quais os fatores limitantes e as possibilidades de desenvolvimento nos agroecossistemas (VERONA, 2008).

Nesse sistema de avaliação os indicadores desempenham função principal, levando a obtenção de dados para posterior mensuração da sustentabilidade (GALLO et al., 2015). O método é flexível no que se refere à possibilidade de realizar adaptações metodológicas, incentivando modificações com base nas especificidades dos locais de estudo (VERONA, 2008).

O método apresenta uma avaliação ampla que contempla a dinâmica do quadro social, econômico e ambiental na localidade de estudo, neste, o conceito de sustentabilidade em agroecossistemas é admito a partir da relação de cinco atributos básicos: produtividade, resiliência, confiabilidade / estabilidade, adaptabilidade, equidade e autogestão. Desse modo, a avaliação é válida apenas para situações definidas em determinado espaço geográfico, sistema de manejo, contexto econômico, político e social,

além disso, aponta que o processo de avaliação é em si, uma atividade participativa e de trabalho multidisciplinar (VERONA, 2008).

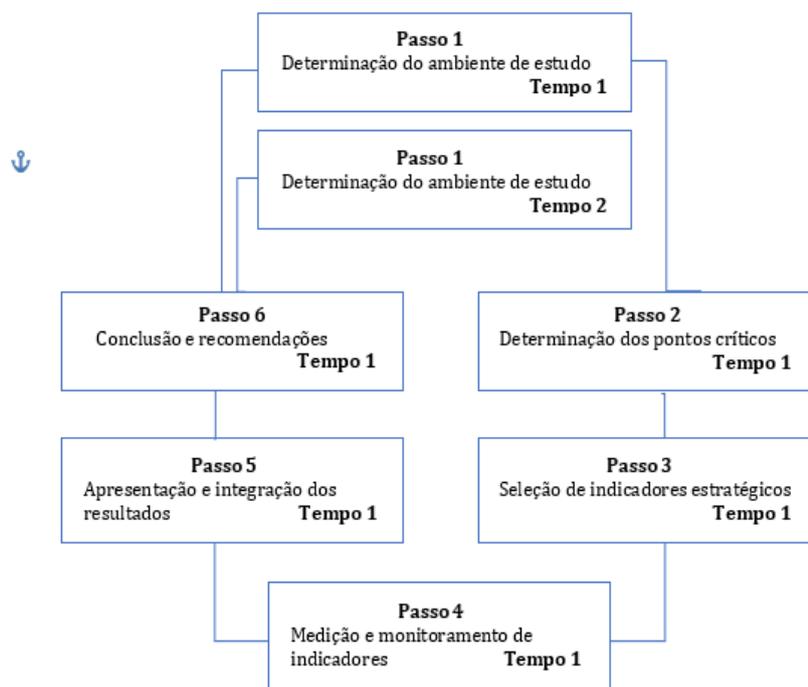


Figura 2. Ciclo e etapas de avaliação. Fonte: adaptada de Pasqualotto (2013).

De acordo com Campos e Carvalho (2017) e Astier, (2002) com sustentabilidade em agroecossistemas de base familiar no estado da Paraíba, buscou-se analisar através de indicadores ambientais, sociais e econômicos verificar se propriedades de agricultura familiar se encontram em níveis de sustentabilidade ou não. Quando não encontrada em níveis sustentáveis buscou-se através da indicação de medidas para um melhoramento de produção para fins sustentáveis do agroecossistema.

A pesquisa é de cunho quali-quantitativa, o método é composto por alguns ciclos de avaliações de seis etapas (Figura 2). Primeiramente foi realizada a caracterização do sistema, identificando os aspectos do sistema de manejo e seu contexto socioeconômico e ambiental. Depois, foi realizada uma análise dos pontos críticos do agroecossistema de forma a identificar os fatores limitantes e favoráveis à sustentabilidade (VERONA, 2008).

As realizações das atividades foram desenvolvidas em 3 etapas, no primeiro momento houve uma visita a área de estudo, no segundo momento a aplicação de questionários para analisar a respeito da renda econômica, produção agrícola, comercialização da produção, atuação de cooperativas, água para produção,

desmatamento etc. No último momento houve um acompanhamento do que era produzido na área avaliada e inferida as sugestões que poderiam ajudar a propriedade a ter um maior desenvolvimento agrícola sustentável sugeridas após as avaliações realizadas (REINALDO et al., 2015).

Para tanto, buscou-se referências nos estudos de Reinaldo et al. (2015), Alves et al. (2016), Campos e Carvalho (2017) e Carvalho e Campos (2017), com abordagem da sustentabilidade em agroecossistemas de base familiar no estado da Paraíba pelo método MESMIS.

Desta forma, utilizou-se a mesma metodologia na propriedade Granja Betel nos meses de fevereiro a agosto de 2019, para que avaliar a sustentabilidade da agricultura familiar. A avaliação do agroecossistema deu-se através da metodologia de Gallo et al. (2015).

O somatório dos parâmetros alcançados a partir do valor de cada indicador está em relação direta com o grau de sustentabilidade, apresentando em quais aspectos o agroecossistema pode estar impactado e fornecendo dados para a construção de medidas controle para sanar os pontos fracos

encontrados e dessa forma melhorar qualidade de vida no ambiente (REINALDO et al., 2015).

Como referência, foram tomados por base os valores citados por Gallo et al. (2015), por adaptação à realidade pesquisada, optou-se por utilizar 19 indicadores. Nesse contexto, pontuações iguais ou menores a 31 indicam que, o ambiente está com elevado grau de impacto, apresentando grande número de pontos fracos. Pontuações entre 32 e 43 indicam a presença de algumas alterações, isto é, pontos fracos em seu

quadro de manejo, já pontuações maiores ou iguais a 44 indicam um agroecossistema sustentável. O somatório dos parâmetros selecionados em cada indicador na (tabela 1) demonstrando os indicadores analisados na propriedade de estudo. O mesmo conta com 4 indicadores econômicos, com 11 indicadores ambientais e com 4 indicadores sociais, onde cada um desses indicadores conta com um parâmetro que vai de um a três dependendo da forma que é praticada na propriedade estudada.

Tabela 1. Indicadores utilizados para avaliar a sustentabilidade no SAF da Granja Betel

| Dimensões | Nº | Indicadores                 | Parâmetros               |                              |   |
|-----------|----|-----------------------------|--------------------------|------------------------------|---|
|           |    |                             | 1                        | 2                            | 3                                       |
| Econômico | 1  | Renda Econômica             | Salário mínimo           | De 2 a 3 salários            | Acima de 3 salários                     |
|           | 2  | Produção Agrícola           | Pouca                    | Razoável                     | Acima da média                          |
|           | 3  | Implementos Agrícolas       | Modo intensivo           | Manual                       | Quando necessário                       |
|           | 4  | Comercialização da produção | Com intermediário        | Intermediário + venda direta | Venda direta (feira, local de produção) |
| Ambiental | 5  | Uso de recursos naturais    | Não faz                  | Faz, sem manejo              | Faz, com manejo                         |
|           | 6  | Água para consumo humano    | Não trata                | Filtrada                     | Tratada                                 |
|           | 7  | Água para agricultura       | Não trata                | Filtrada                     | Tratada                                 |
|           | 8  | Esgoto                      | Ambiente                 | Fossa                        | Tratada                                 |
|           | 9  | Reciclagem do lixo          | Não faz                  | Faz parcialmente             | Faz 100%                                |
|           | 10 | Cobertura do solo           | Solo exposto             | Com cultivo                  | Cobertura em todo o ano                 |
|           | 11 | Adução                      | 50% orgânico             | < 90 > 50% orgânico          | > 90% orgânico                          |
|           | 12 | Áreas degradadas            | Várias                   | Poucas                       | Não há                                  |
|           | 13 | Desmatamento                | Já realizou              | Parcialmente                 | Nunca houve                             |
|           | 14 | Queimadas                   | Já realizou              | Parcialmente                 | Nunca houve                             |
|           | 15 | Análise e correção do solo  | Não faz                  | Faz esporadicamente          | Sempre que necessário                   |
| Social    | 16 | Atuação de cooperativas     | Não tem                  | Existe parcialmente          | Existe integralmente                    |
|           | 17 | Mão de obra terceirizada    | Para todas as atividades | Apenas algumas               | Não há                                  |
|           | 18 | Ajuda de programas sociais  | Não tem                  | Recebe pouco                 | Recebe significativamente               |
|           | 19 | Escolaridade                | Não alfabetizado         | Alfabetização                | Alfabetizado com 2º grau                |

Fonte: Adaptado de Gallo et al. (2015).

## Resultados e Discussão

A unidade de produção familiar é pertencente a uma família composta por um casal com idades de 85 anos, e três filhos com idades entre 45 e 55 anos. Residem na propriedade há 10 anos, dedicando-se exclusivamente à atividade agrícola, de onde provêm os alimentos destinados ao comércio (Tabela 2) e a subsistência do grupo familiar, o terreno possui 2,5 hectares de extensão e todo o espaço é dedicado à prática agrícola em sistema de agroflorestamento com o

cultivo consorciado com várias espécies de árvores nativas no qual é empregada a mão-de-obra familiar.

Na Tabela 2 observa-se as espécies de sementes produzidas na propriedade, assim como quantidade plantada e o seu referido lucro por colheita. Pode-se observar que a espécie *Zea mays* (milho) tem uma maior lucratividade por quilo plantado comparado a espécie *Phaseolus vulgaris* (feijão).

Tabela 2. Cultivos agrícolas desenvolvidos no agroecossistema

| Gêneros cultivados        |              | Produção estimada por colheita |                    |                |
|---------------------------|--------------|--------------------------------|--------------------|----------------|
| Espécie                   | Nome Popular | Quantidade Plantada            | Quantidade Colhida | Valor Estimado |
| <i>Phaseolus Vulgaris</i> | Feijão       | 2 kg                           | 80 kg              | R\$ 400,00     |
| <i>Zea mays</i>           | Milho        | 2,5 kg                         | 500 kg             | R\$ 700,00     |

São desenvolvidos os cultivos de feijão e milho em sistema de consórcio. O cultivo em sistema de agroflorestamento de base familiar permite o maior aproveitamento da área de plantio e proporciona um maior fornecimento contínuo de matéria orgânica ao solo devido a existência de várias espécies vegetais. Além disso, a prática permite melhor conservação dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, reduzindo os custos de produção, evitando a proliferação de pragas e ervas daninha nas lavouras. Parte dos produtos é destinada ao consumo direto do grupo e outra parte é comercializada (SILVA, 2016).

Na propriedade de agricultura familiar encontra-se pontos que ainda não tem atingido a adequação a seu nível de sustentabilidade. Onde é possível observar que, boa parte dos indicadores que apresentam níveis críticos são os indicadores sociais, dentre eles atuações de cooperativas, mão de obra terceirizada, ajuda de programas sociais. Pode-se notar um déficit também no indicador de número 15 (Tabela 1) onde observa-se a falta de análise de correção de solo. A falta desse parâmetro prejudica diretamente os indicadores ambientais e o desenvolvimento de uma agricultura sustentável (SILVA, 2015).

Os resultados obtidos com os parâmetros de cada indicador somam 41 pontos (Figura 3), esses resultados indicam

que o agroecossistema em estudo encontra-se com a maioria dos indicadores em situações ideais, em contrapartida, também indica a presença de alterações como pontos que se encontram críticos, necessitando da execução de medidas mitigadoras para o controle dos pontos fracos, indispensáveis para que se tenha uma sustentabilidade adequada.

O somatório mais próximo das condições ideais foi observado com Campos e Carvalho (2017), em pesquisa conduzida em Esperança-PB, Agreste Paraibano, onde observaram o valor de 40 pontos. Reinaldo et al. (2015), Alves et al. (2016), encontraram resultados semelhantes em propriedades de agricultura familiar em situados no município de Massaranduba, Agreste da Paraíba.

Nesse sentido, o resultado encontrado para esta propriedade é inédito, analisado através da metodologia de MESMIS no Agreste Paraibano, pois superou as demais propriedades no quesito pontuação, dessa forma, a propriedade estudada deve continuar com a manutenção dos indicadores que foram encontrados em parâmetros ideais para que continuem sustentáveis, além disso é necessário ocorra um melhoramento de alguns indicadores como: 1. Atuação de cooperativas; 2. Ajuda de programas sociais; 3. Análise de correção de água; 4. Água para agricultura (Figura 3), para que estes também se encontrem sustentabilidade.

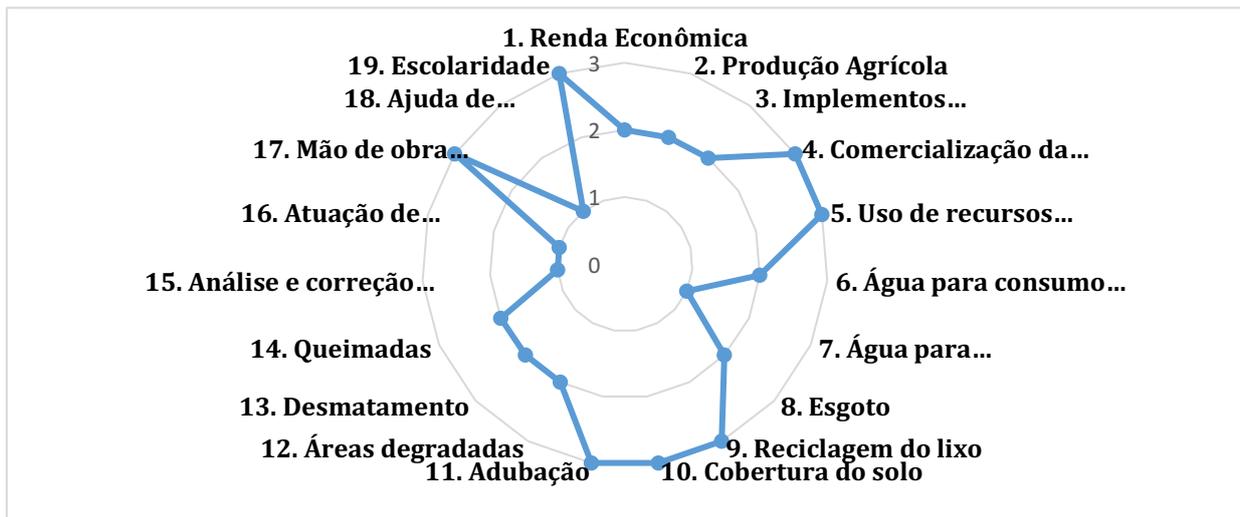


Figura 3. Representação dos valores encontrados em cada indicador no agroecossistema.

Quando observados e comparados os indicadores que apresentam insustentabilidade, ou seja, os que se encontram críticos na pesquisa realizada por Campos e Carvalho (2017), em Esperança, Paraíba e algumas propriedades de base familiar no Agreste Paraibano conduzida por Reinaldo et al. (2015), Alves et al. (2016), os indicadores que foram encontrados em situações críticas e se assemelham com as demais pesquisas de Campos e Carvalho (2017); Reinaldo et al. (2015), Alves et al. (2016), dentre eles encontram-se com situações semelhantes (Figura 4); 1. Atuação de cooperativas; 2.

Análise de correção do solo; 3. Água para agricultura e 4. Mão de obra terceirizada. Os motivos encontrados para que esses mesmos pontos sejam encontrados críticos em propriedades diferentes estão ligados diretamente a falta de assistência governamental, questões sociais dos próprios agricultores que residem nessa região e a problemas hídricos enfrentados pelos agricultores no Agreste paraibano (SOUZA, 2017). Visto que, todas as propriedades discutidas e analisadas se encontram na sub-região do Agreste paraibano.

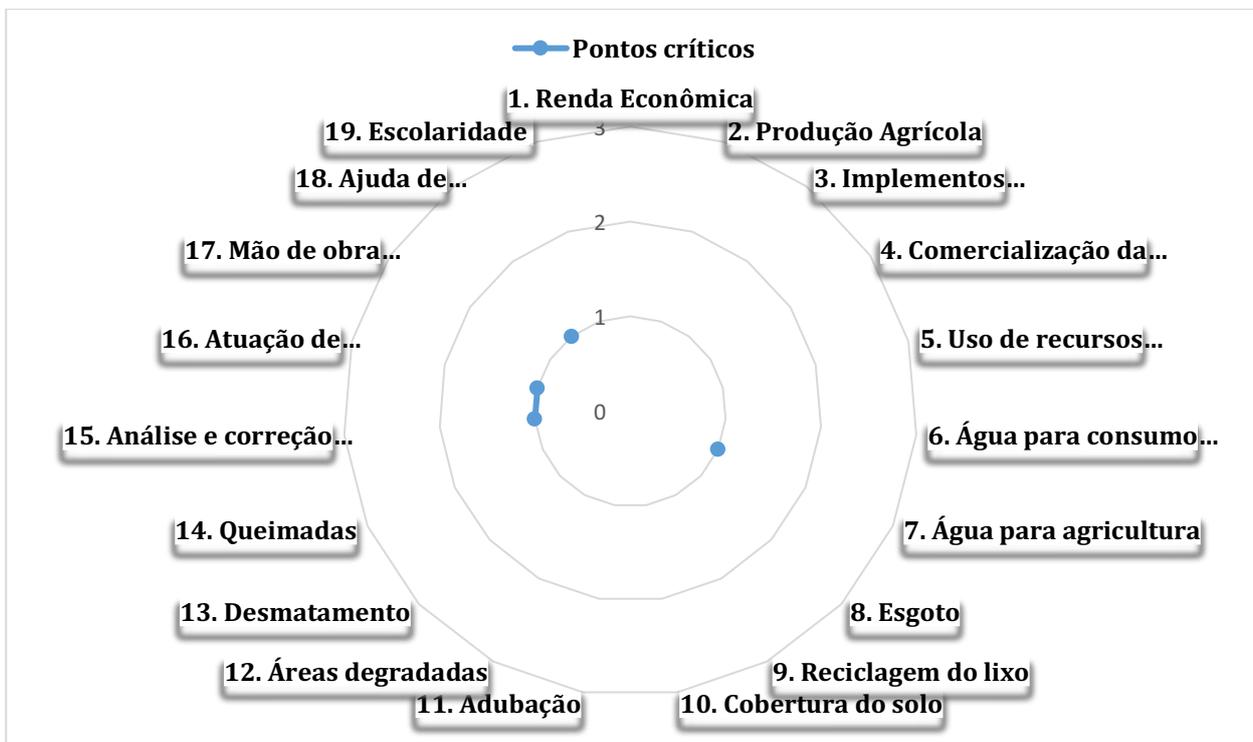


Figura 4. Pontos críticos encontrados no agroecossistema Granja Betel.

Portanto, os resultados foram obtidos pelo comportamento dos indicadores avaliados, demonstrando assim potencial para o desenvolvimento e implantação de novas culturas em sistema consorciado. O sistema de agroflorestamento na agricultura de base familiar permite um melhor manejo da propriedade preservando as características físico-químicas do solo e torna o ambiente menos favorável a pragas com a presença de predadores naturais.

### Conclusão

De acordo com os resultados obtidos através do uso dos indicadores aplicados na Granja Betel localizada em Alagoa Nova, eles apontam que a utilização de sistemas agroflorestais promove a sustentabilidade (ambiental, social e econômica) da propriedade. Com relação aos indicadores ambientais analisados eles forneceram informações para que a propriedade melhore ainda mais a sua produtividade que é o caso da análise da correção do solo e a oferta de água para a agricultura.

Com relação aos indicadores sociais verifica-se a importância de políticas públicas na implantação dos SAF's, tornando-o primordial para a área pesquisada. Observa-se ainda a importância da criação de cooperativas na região para que efetivamente sejam implementadas cadeias de produção das culturas produzidas no local, no caso o feijão e a mandioca.

Desta forma, o uso de indicadores pode ser utilizado pelo próprio produtor como ferramenta de controle da sustentabilidade no manejo da produção. A avaliação de forma sistemática se mostra fundamental para a operacionalização do que compreendemos por sustentabilidade, qualificando e diagnosticando a situação do agroecossistema, apontando possíveis soluções de melhorias e preservação ambiental.

### Referências

ALTIERI, M. A. Agroecologia: as bases científicas da agricultura alternativa. Rio de Janeiro: PTA/FASE, p.213-230, 1989.  
ALTIERI, M. A. Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável, 110 pg. 1988  
ASTIER, M. A. El Marco de Evaluación de Sistemas de Manejo incorporando Indicadores

de Sustentabilidad (MESMIS) y su aplicación en un sistema agrícola campesino en la región Purhepecha, México. Agroecología: el camino hacia una agricultura sustentable. SARANDÓN, S. J. (ed.). Ediciones Científicas Americanas, v.21, p.415-430, 2002.

BECKER, E. L. S.; MÁRCIA, N. P. Relevô do Rio Grande do Sul, Brasil, e sua representação em maquete. Revista Percurso, v.4, n.2, p.113-132, 2012.

BORGES, I. M. S.; ALMEIDA, R. L.; LIMA, C. A. O.; FERNANDES, A. C. G.; GOMES, R. M.; DE OLIVEIRA, S. P.; SIMÕES, A. R. Análise de sustentabilidade da agricultura familiar em um sistema de agroflorestamento (SAF) em Alagoa Nova-PB. Research, Society and Development, v.9, n.6, p.18, 2020.

CAMPOS, J. O.; CARVALHO, F. T.; REINALDO, L. R. L. R. Indicadores sociais, econômicos e ambientais para avaliar a sustentabilidade na agricultura familiar da comunidade Logradouro em Esperança-PB. In: Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido, 3, 2017, Campina Grande. Anais...Campina Grande, 2017.

CHATTERJEE, N.; NAIR, P. K. R.; CHAKRABORTY, S.; NAIR, V. D. Changes in soil carbon stocks across the Forest-Agroforest-Agriculture/Pasture continuum in various agroecological regions: A meta-analysis. Agric. Ecosyst. Environ., v.266, p.55-67, 2018.

DA CUNHA KEMERICH, P. D.; RITTER, L. G.; DE BORBA, W. F., Indicadores de sustentabilidade ambiental: métodos e aplicações. Revista Monografias Ambientais, v.13, n.4, p.3718-3722, 2014.

DEPONTI, C. M.; ECKERT, C.; AZAMBUJA, J. L. B. de. Estratégia para construção de indicadores para avaliação da sustentabilidade e monitoramento de sistemas. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, v.3, n.4, p.44-52, 2002.

FELICIANO, D.; LEDO, A.; HILLIER, J.; NAYAK, D.R. Which agroforestry options give the greatest soil and above ground carbon benefits in different world regions? Agric. Ecosyst. Environ., v.254, p.117-129, 2018.

GALLO, S. A.; FRANÇA GUIMARÃES, N.; AGOSTINHO, P. R.; de CARVALHO, E. M. Avaliação da sustentabilidade de uma unidade de produção familiar pelo método MESMIS. Cadernos de Agroecologia, v.9, n.4, p.45-51, 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário Brasileiro, 2006. Disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2010-censo-agropecuaria.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 15/01/2021.

MARQUES, C. H. Aspectos fundamentais à implantação da tecnologia de produção de anticorpos monoclonais humanizados com potencial aplicação terapêutica. 109f. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia de Imunobiológicos). Instituto de Tecnologia em Imunobiológicos. Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, 2005.

MASERA, O.; LÓPEZ-RIDAURA, S. (ed). Mundi-Prensa. México. MX. 2000. 346p.

MASERA, O.; ASTIER, M.; LÓPEZ-RIDAURA, S. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: el marco de evaluación MESMIS. México: Mundi-Prensa, 1999. 109p.

NUNES, A.; NUNES, A.; DOS SANTOS JÚNIOR, C. F.; SAVIAN, M.; DE LIZ, M. S. M.A prática agroecológica e as transformações de manejo no agroecossistema na comunidade tradicional no município São Domingos do Capim/PA. *Brazilian Journal of Development*, v.6, n.10, p.74513-74531, 2020.

PASQUALOTTO, N. Avaliação da sustentabilidade em agroecossistemas hortícolas, com base de produção na agroecologia e na agricultura familiar, na microrregião de Pato Branco-PR. 125f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2013.

PENEIREIRO, F. M. Sistemas agroflorestais dirigidos pela sucessão natural: um estudo de caso. 138f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). ESALQ. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1999.

REINALDO, L. R. L. R.; OLIVEIRA, D. de A.; LIMA, G. A. C.; ARAÚJO, L. L. T. Avaliação de Sustentabilidade em Agroecossistema de Base Familiar no Brejo Paraibano. In: ARRUDA, L. V.; NETO, B. M. (Orgs.). *Geografia e território: planejamento urbano, rural e ambiental*. V. III – João Pessoa: Ideia, 2015. 386p. 87-101.

SILVA, E. P. da. O uso da água na produção rizícola e a sustentabilidade hídrica – caso da Associação de Drenagem e Irrigação Santo Izidoro (ADISI). 132f. Dissertação (Mestrado). Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Extremo Sul Catarinense. Santa Catarina, 2016.

SOUSA, G. M. C. de. Buscando construir sustentabilidade: o caso dos agricultores familiares do município de Alagoa Nova-PB, participantes da feira agropecuária de Campina Grande-PB/FEAGRO/CG. 123f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais). Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2009.

SOUZA, C. V. de; DINIZ, L. da S. O espaço da agricultura familiar no município de Esperança/PB: desafios e perspectivas à auto-sustentabilidade no Assentamento Rural Carrasco. In: Encontro Nacional dos Geógrafos, 16, 2010, Porto Alegre. *Anais...Porto Alegre*, 2010.

SOUZA, R. M. de. O uso do solo no Sítio Cocos: da agricultura tradicional às novas modalidades. 2017. 51f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Geografia). Centro de Formação de Professores. Universidade Federal de Campina Grande. Cajazeiras, 2017.

TRICHES, R. M. Reconnectando a produção ao consumo: a aquisição de gêneros alimentícios da agricultura familiar para o Programa de Alimentação Escolar. 297f. Tese (Doutorado). Pós Graduação em Desenvolvimento Rural. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012.

VERONA, L. A. F. Avaliação de sustentabilidade em agroecossistemas de base familiar e em transição agroecológica na região sul do Rio Grande do Sul. 192f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2008.

## **Capítulo III**

# **APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM E DA REALIDADE AUMENTADA EM CONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÃO**

**Aller Espíndola Gonçalves Cunha**

*Acadêmico de Engenharia Civil, Centro Universitário Euro-Americano (UNIEURO),  
allerespindola@gmail.com*

**Yuri Sotero Bomfim Fraga**

*Professor Assistente, Centro Universitário Euro-Americano (UNIEURO),  
yurisotero.engcivil@gmail.com  
 <https://orcid.org/0000-0002-0426-4615>*

## Introdução

O BIM não é mais o conceito do futuro. Assim como em diversos outros países, softwares que utilizam essa metodologia já são ferramentas do presente e auxiliam de forma direta na industrialização da construção civil. Uma nova tecnologia que está em bastante ascensão é a realidade aumentada (RA). A RA, de acordo com Sousa (2012), tem por finalidade a representação gráfica de objetos virtuais em espaços reais, de forma interativa, sendo ainda pouco explorada na engenharia civil e arquitetura, tendo diversas finalidades nesse âmbito como a melhoria na qualidade de interpretação dos projetos associados ao BIM. A realidade aumentada além de mostrar de maneira tridimensional em um espaço real permite ao usuário consultar simultaneamente a especificação do material desejado se utilizado com software BIM, pois além de formas geométricas carrega informações do conteúdo apresentado.

Um tema bastante abordado na última década é a incompatibilidade de projetos na engenharia civil. O BIM juntamente com a RA auxilia na visualização destes problemas e busca solucioná-los antes da execução. Através de softwares específicos como o Revit, projetista conseguem detectar essas imperfeições e repará-las antes da execução, garantindo uma qualidade melhor na etapa de construção além de evitar desperdícios e perda de funcionalidade (CARMONA & CARVALHO, 2017; CUPERSCHMID et al., 2015). Conforme descreve Peres (2018), o Building Information Modeling - BIM auxilia os projetistas envolvidos na garantia da conformidade entre as disciplinas da engenharia atuantes no projeto, que se encontra em andamento. Essa consolidação de dados então, trata de forma mais eficiente, a resolução de problemas como as incompatibilidades de projetos na engenharia, permitindo a realização desta prática um trabalho menos custoso. Através da visualização gráfica, e especificações simultâneas que implica em mitigar-se desperdício de materiais, reduzir tempo de projeção e execução bem como promover redução de custos.

No Brasil, o decreto nº9.983 de 22 de agosto de 2019 (BRASIL, 2019), institui a estratégia de disseminação do Building Information Modeling. O decreto visa incentivar o uso da tecnologia e seus benefícios; estimular a capacitação em BIM; propor normas que

estabeleçam parâmetros para as compras e as contratações com o uso do BIM; desenvolver normas técnicas e protocolos para adoção da metodologia; desenvolver a plataforma e a biblioteca nacional BIM e estimular o desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM. Esses são alguns dos objetivos apresentados conforme Art. 2º do decreto nº 9.377, que entrou em vigor em maio de 2018 e será exigido a partir de 2021.

Segundo Menezes (2011), o BIM se difere de um simples modelador 3D pois além de esboçar figuras geométricas em três dimensões, os softwares que utilizam a tecnologia BIM possuem a capacidade de armazenar as informações. Além da capacidade topológica, possui banco de dados que armazenam informações que são necessárias para orçamentos, cálculos energéticos e previsão das fases de construção e demais atividades. Essa filosofia integra arquitetos, engenheiros e construtores.

No software com tecnologia BIM, pode-se atribuir propriedades e classificar um elemento, por exemplo, como peça estrutural, alvenaria, mobília, componentes elétricos, hidráulicos etc. Esses elementos introduzem diversas informações como o tipo de revestimento, fabricantes e demais atribuições. Essas informações são incorporadas ao banco de dados, que por sua vez gera legenda das informações inseridas (CARMONA & CARVALHO, 2017). Segundo Menezes (2011) e Azevedo (2009), o BIM além do já conhecido 3D pode ser classificado como 4D-BIM, 5D-BIM, onde adiciona o parâmetro custo do projeto, e o 6D-BIM como aspecto de ciclo de vida da edificação.

No 5D-BIM, empresas como a norte americana VICO Softwares informam sobre as potencialidades do BIM. São fornecidos cronogramas de custo, mostra-se ao proprietário o que acontece com o cronograma e ao orçamento quando é realizada alguma alteração, taxas de produtividade do trabalho, dados de composição da equipe e subKPIs (detalhamento do *key performance indicator* ou indicador-chave de desempenho, que mede o nível de desempenho do processo, focando no “como” e indicando quão bem os processos de tecnologia da informação permitem que o objetivo seja alcançado). Além disso, são proporcionadas múltiplas e iterativas evoluções de estimativas, para que o proprietário possa

rapidamente fazer comparações com o custo-alvo (VICO, 2011).

O sistema 6D-BIM trata da fase inicial até a fase de demolição da edificação, ou seja, é um ciclo de vida de uma edificação que permite aos usuários determinar as intervenções de manutenção preventiva ao longo da vida útil do imóvel. Como exemplo pode-se definir que em uma edificação projetada em BIM pode ser obtido um caderno de especificações que informa que a cada 3 anos deverá ser feita a lavagem das fachadas, ou uma estimativa de 20 anos a vida útil do sistema de elevadores, com manutenções periódicas a cada mês (FARIA, 2007).

Os termos Lean Constrution, Kanban e Lean Kaban são a base para outra fase da plataforma, na qual essa vertente engloba novas filosofias de trabalho como próprio termo usa construção enxuta, que é definida como a filosofia de gestão de produção, voltada para obras civis criada pelo pesquisador finlandês, Lauri Koskela, em 1992. O termo utilizado na administração da produção Kanban, palavra de origem japonesa, pode ser traduzido como registro cuja expressão representa as técnicas em que os produtos impulsionam o sistema de produção (TAMAKI, 2011). A partir desses termos iniciaram novas pesquisas em KanBIM, apresentadas como a mais nova fase do BIM, ou um sistema de aperfeiçoamento da indústria da construção, o qual prevê o controle de módulos de trabalho no canteiro de obras (MENEZES, 2011).

Outra ferramenta que num futuro próximo auxiliará na construção civil será a utilização da realidade aumentada que já é utilizada em alguns outros segmentos a exemplo do jogo Pokémon Go, desenvolvido pela Startup norte americana em parceria com a empresa Google Niantic (2020). Muitas vezes confundida e pouco abordada, a realidade aumentada é uma tecnologia presente há algum tempo, e na última década tem sido destaque em inovação tecnológica para empresas. Dessa forma, antes de imersão ao tema, deve-se saber mais sobre os conceitos das realidades (ENGENHABIM, 2020).

De acordo com Camargo e Tissiane (2001), conforme citado por EngenhaBIM (2020), existe uma diferença entre modelo e ambiente virtual. No primeiro caso, permite-se a criação de imagens e animações para apresentações feitas posteriormente. Além disso, o modelo virtual não possui interação

com o ambiente e o passeio virtual não gera sensação de imersão dentro do ambiente. Já no ambiente virtual permite utilizar animações já definidas e manipular em tempo real a apresentação e oferece possibilidades de explorar o modelo ao ambiente

Uma das características da realidade virtual (RV) é a interação com o usuário. Ela está relacionada diretamente com a capacidade do computador detectar e reagir as ações em tempo real. Dessa forma, o usuário reage com um ambiente virtual tridimensional realista e vê as cenas serem alteradas de acordo como reposta aos seus comandos. Isso gera engajamento por parte de usuários e torna a interação mais rica e natural, como observa-se atualmente nos jogos com realidade virtual (KIRNER, 2011).

Na realidade aumentada a sensação de imersão é bem maior, pois nela é misturado o real com o digital. Essa imersão ocorre através de aparelhos smartphones, tablets ou mesmo de óculos de realidade mista. Nesses dispositivos o usuário visualiza figuras tridimensionais no plano real. De acordo com Kirner (2011), podem ser comparadas da seguinte forma: a realidade aumentada enriquece a cena do mundo real com objetos virtuais, enquanto a realidade virtual é totalmente gerada por computador; no ambiente de realidade aumentada, o usuário mantém o sentido de presença no mundo real, enquanto que, na realidade virtual, a sensação visual é controlada pelo sistema; a realidade aumentada precisa de um mecanismo para combinar o real e o virtual, enquanto que a realidade virtual precisa de um mecanismo para integrar o usuário ao mundo virtual.

Diante do exposto, esta pesquisa tem como objetivo verificar os pontos positivos e negativos da utilização conjunta da tecnologia BIM e da realidade aumentada na execução de uma residência unifamiliar através de estudo de caso.

### Metodologia

O objeto de pesquisa deste estudo trata-se de uma residência térrea com 215,96 m<sup>2</sup> de área construída, em um lote de 495,00 m<sup>2</sup>, localizada na cidade de Araguaína no estado do Tocantins. A edificação encontrava-se parcialmente construída, conforme observa-se na Figura 1. A parte construída é representada pela cor verde, com área igual a 130,00 m<sup>2</sup>. A área com cor laranja corresponde à área a construir com 85,96m<sup>2</sup>.



Figura 1. Detalhamento da área da edificação.

Ressalta-se que na área a construir alguns serviços já haviam sido executados como fundação, vigas baldrame, pilares e parte da

alvenaria, como pode-se observar nas Figuras 2 e 3.

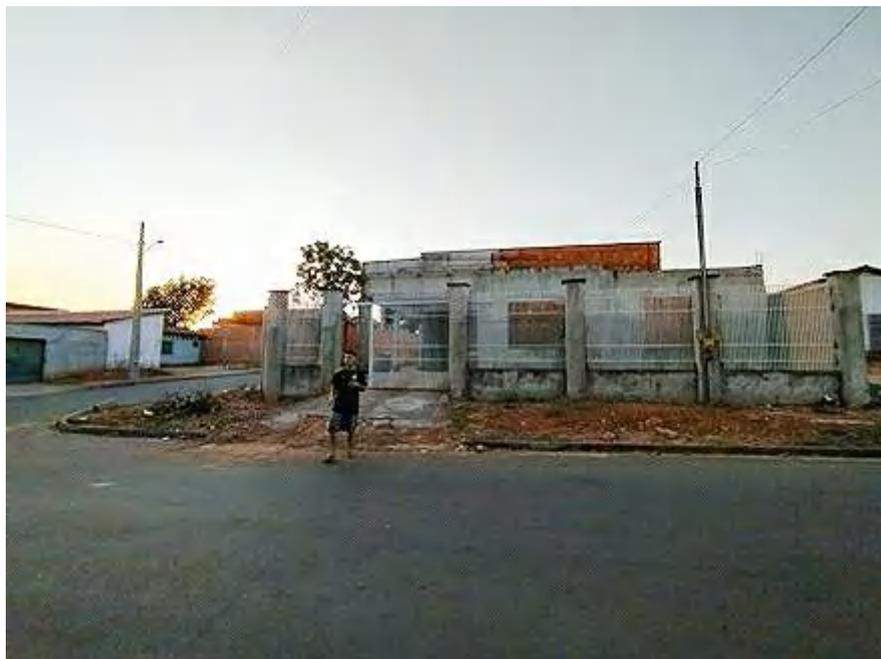


Figura 2. Fachada da edificação parcialmente executada.



Figura 3. Execução parcial da alvenaria na sala de estar.

A construção da edificação encontrava-se interrompida, faltando concluir várias etapas para finalizar a obra. Dentre os serviços necessários para conclusão da obra, destacam-se a concretagem de parte da estrutura de pilares e cinta de amarração, alvenaria das empenas, contrapiso, reboco, pingadeiras, telhado, esquadrias, instalações elétricas e hidrossanitárias, forro de gesso, revestimento cerâmico e pintura.

O projeto arquitetônico existente da edificação fornecido foi elaborado em CAD 2D,

sendo este utilizado de forma auxiliar na pesquisa. Após foi realizada a modelagem utilizando a metodologia BIM-3D pelo software Revit 2020 e posteriormente transportada para o aplicativo de realidade aumentada Augin onde e foi criada uma conta na plataforma e realizado o referenciamento do projeto com a ferramenta *reference tracker*.

Após foi impressa uma folha de reference tracker, sendo posicionada de acordo com as coordenadas do projeto (Figura 4).



Figura 4. Posicionamento da folha de referência para realidade aumentada.

Após foi realizada a projeção da realidade aumentada sendo necessário utilizar um aparelho smartphones compatível com a RA.

Após foi aplicado um questionário à equipe responsável pela execução da obra. A aplicação do questionário objetivou verificar a qualidade da experiência do usuário das ferramentas. O questionário foi realizado de acordo com o método proposto por Olsson (2013), em que a experiência do usuário é classificada segundo determinadas características e graduadas em uma escala Likert. Para todas as declarações, os

participantes (serventes, pedreiros, carpinteiros, eletricista e encanador) marcaram uma das alternativas: Concordo totalmente/Concordo/Nada a declarar/Discordo/Discordo totalmente. As perguntas do questionário foram desenvolvidas por Cuperschmid et al. (2015) e as questões foram adaptadas para o estudo de caso em análise, assim como a formatação do questionário feito aos profissionais. Além disso, os profissionais puderam relatar observações que consideraram pertinentes.

Quadro 1. Questionário de avaliação

| Item                | Perguntas   | Concordo Totalmente | Concordo | Nada a declarar | Discordo | Discordo Totalmente |
|---------------------|---|---------------------|----------|-----------------|----------|---------------------|
| Q1                  | O modelo de realidade disponibilizado foi eficaz para executar as empenas?  |                     |          |                 |          |                     |
| Q2                  | Senti que usar o sistema de realidade aumentada foi apropriado para a tarefa proposta (Executar as empenas)                     |                     |          |                 |          |                     |
| Q3                  | O campo de visão oferecido pelo aparelho foi apropriado para esta atividade   |                     |          |                 |          |                     |
| Q4                  | O uso do aparelho de Realidade Aumentada foi confortável por todo o período   |                     |          |                 |          |                     |
| Q5                  | A interface do sistema de Realidade Aumentada foi natural para mim (menu, botões, controle e visualização)                      |                     |          |                 |          |                     |
| Q6                  | A visualização da informação virtual superposta ao mundo real não me confundiu  |                     |          |                 |          |                     |
| Q7                  | Quando estava usando o sistema de Realidade Aumentada me senti encorajado e motivado a concluir a tarefa                        |                     |          |                 |          |                     |
| Q8                  | Com o uso do sistema de Realidade Aumentada consegui concluir a execução das empenas, sem erros logo na primeira tentativa      |                     |          |                 |          |                     |
| Q9                  | Quando estava realizando a execução das empenas o sistema de Realidade Aumentada possibilitou a percepção e a correção de erros |                     |          |                 |          |                     |
| Q10                 | Senti que realizei a tarefa de executar as empenas com eficácia   |                     |          |                 |          |                     |
| Q11                 | Me senti satisfeito em quão bem eu realizei e concluí a tarefa de executar as empenas utilizando Realidade Aumentada            |                     |          |                 |          |                     |
| Q12                 | Quando estava usando o sistema de Realidade Aumentada senti vontade de continuar  |                     |          |                 |          |                     |
| Q13                 | Ao usar este sistema de Realidade Aumentada me senti envolvido em algo extraordinário, foi uma novidade                         |                     |          |                 |          |                     |
| Q14                 | Gostei da experiência de executar a estrutura da cobertura utilizando a Realidade Aumentada                                     |                     |          |                 |          |                     |
| <b>Observações:</b> |   |                     |          |                 |          |                     |
|                     |   |                     |          |                 |          |                     |
|                     |   |                     |          |                 |          |                     |
|                     |   |                     |          |                 |          |                     |

Fonte: adaptado de Cuperschmid et al. (2015).

Após entrevistar as equipes, foi possível analisar qualitativamente o nível de satisfação do usuário identificando os pontos positivos e negativos da utilização conjunta da tecnologia BIM e da RA.

## Resultados e Discussão

Na Figura 5 pode-se observar a realização do upload do projeto arquitetônico no software Augin e na Figura 6 o referenciamento do projeto arquitetônico.

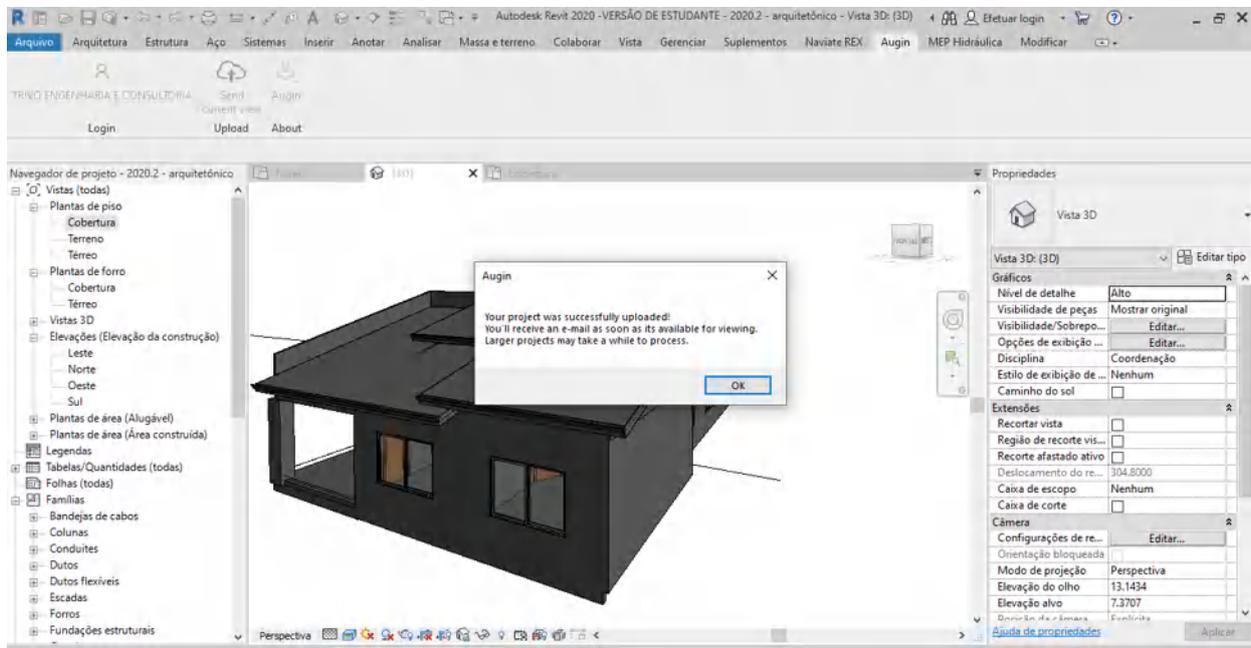


Figura 5. Upload do projeto arquitetônico no software Augin.

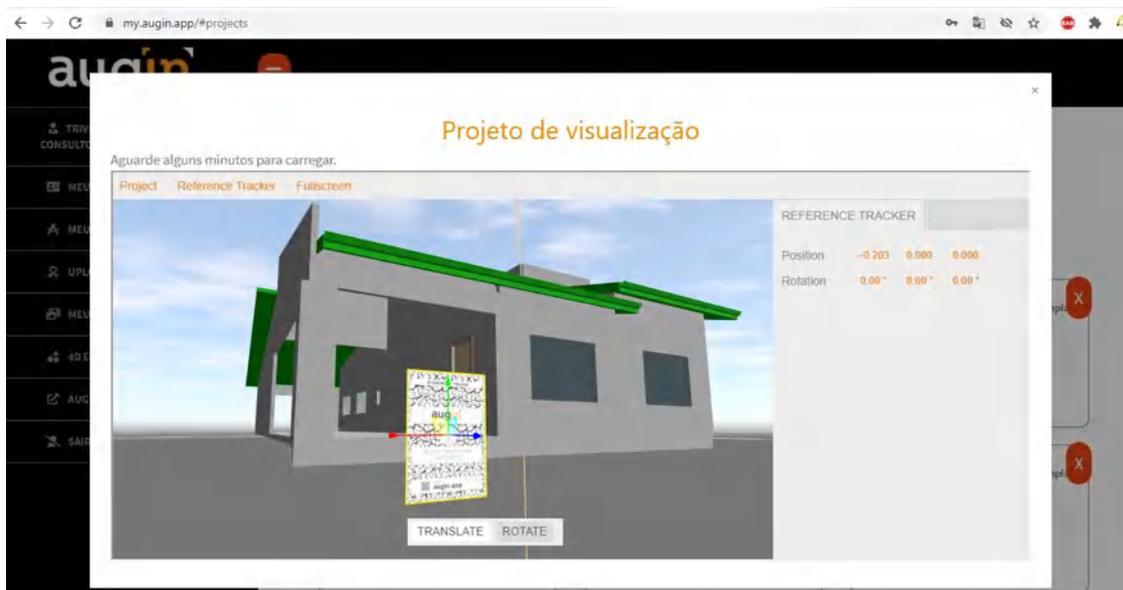


Figura 6. Referenciamento do projeto no software Augin.

Na Figura 7 observa-se a projeção da realidade aumentada.



Figura 7. Aplicação da RA na edificação estudada.

Identifica-se nas respostas ao questionário que os profissionais puderam observar de forma mais dinâmica como seriam executadas as empenas e conseqüentemente as águas dos telhados da residência.

Essa forma de interpretar projetos gerou menor dúvida aos pedreiros e carpinteiros no momento da execução dessas atividades, pois a visualização ficou mais clara. Apesar disso, alguns aspectos apresentam pontos negativos,

como a locação ineficiente como pode-se observar na Figura 8.

Na Figura 8 observa-se duas imagens de aplicação da RA na edificação. Do lado esquerdo pode-se observar a forma geométrica do projeto sendo cortada na horizontal. Do lado direito é possível observar a projeção da edificação como aplicação de raios-X. Este demonstra a sincronia entre o espaço real e o virtual.



Figura 8. Reference track Augin, lateral esquerda da edificação, modos de visualização.

Na Figura 9 pode-se visualizar uma variação do referenciamento da fachada frontal ao utilizar-se o Reference track Augin.



Figura 9. Reference track Augin, fachada frontal, variação do referenciamento.

Na Figura 10 pode-se observar as imagens da fachada frontal antes do início do estudo, a vista da realidade aumentada obtida a partir da

modelagem realizada e o resultado da execução após a pesquisa, faltando executar apenas o acabamento da fachada.



Figura 10. Fachada frontal no início, após aplicação do modelo e o resultado.

Na análise das Figuras 8, 9 e 10, observa-se claramente um dinamismo na interpretação do projeto. Os entrevistados conseguem visualizar de forma clara e objetiva as formas geométricas já inseridas no espaço real. Isso foi constatado nas respostas da questão 10 do questionário, que questionava se o profissional percebia se havia executado a tarefa com eficácia. Nas respostas obtidas, 100% dos profissionais responderam “concordo

totalmente” ou “concordo”. Este resultado corrobora com o estudo realizado por Cuperschmid et al. (2015), que também obtiveram este resultado quando questionaram a equipe sobre a montagem de painéis estruturados em madeira com eficácia.

No Quadro 2 apresenta-se os pontos positivos e negativos obtidos do questionário aplicado.

Quadro 2. Pontos positivos e negativos da utilização da tecnologia BIM em conjunto com a realidade aumentada

| Pontos Positivos   | Pontos Negativos   |
|--|--|
| Melhor compreensão do que se deseja executar   | A precisão do referenciamento deixa a desejar  |
| Método intuitivo   | Teve-se dificuldade em alguns momentos na visualização, devido à iluminação solar  |
| Gera menos dúvidas na interpretação dos projetos, isso implica em menor desperdício de tempo na interpretação e menores chances de interpretações errôneas | De início, houve rejeição dos profissionais na utilização da ferramenta utilizada pela equipe administrativa   |
| Além de visualização tridimensional, o modelo carrega informações do projeto (se projetado em BIM)   | Exige muito do processador, isso implica no consumo maior da carga da bateria do dispositivo   |
| Aplicativo de realidade aumentada sem custo para o usuário   | Alto custo do dispositivo compatível com RA. O sistema de realidade aumentada não é compatível com todos os dispositivos de smartphones e tablets disponíveis no mercado |

Como pontos positivos da utilização conjunta da tecnologia BIM com a RA destaca-se no Quadro 2 a melhor compreensão do que se deseja executar, tendo em vista a facilidade de visualização, conforme ilustrado nas Figuras 8, 9 e 10. Esta metodologia, conseqüentemente, contribui para redução do tempo com a interpretação do projeto bem como para diminuição de erros oriundos da interpretação, o que também é evidenciado nos trabalhos de Azevedo (2009); Azhar (2011); Canuto et al. (2016); Cuperschmid et al. (2015); Kymmell (2008); Matos e Miranda (2018); Santos et al. (2014). Na pesquisa realizada por Azevedo (2009), por exemplo, foi aplicada a metodologia 5D-BIM, que agrega modelagem 3D, análise de tempo e custo, sendo constatado que essa metodologia impactou de forma positiva no processo, pois há diminuição de desperdício de tempo, de materiais, além de redução de possíveis alterações de projetos durante a execução da obra. Esta última constatação também é um ponto positivo destacado no Quadro 2, pois constata-se que a aplicação da tecnologia BIM com a RA apresenta, além da

visualização em 3D, informações adicionais sobre o projeto. Destaca-se como ponto positivo que o usuário da metodologia não possui custos para utilizar o aplicativo de realidade aumentada.

Através do Quadro 2, observa-se os pontos negativos da metodologia estudada nesta pesquisa. Além da precisão do referenciamento ser menor, teve-se dificuldade em alguns momentos devido à iluminação solar, que dificulta a visualização da RA. Cuperschmid et al. (2015) não observaram esse ponto negativo, tendo em vista que, a pesquisa foi realizada em laboratório, com iluminação controlada.

Inicialmente, os profissionais rejeitaram a utilização da ferramenta por ser um procedimento extra, porém depois consideraram a ferramenta bastante positiva. Isso demonstra que apesar da rejeição inicial dos profissionais, o treinamento adequado da equipe para a aplicação da metodologia pode resultar em pontos positivos posteriormente.

Por fim, destaca-se que apesar de não haver custos com o aplicativo, esta metodologia

consome a bateria do dispositivo smartphone compatível com RA, que em geral possui um elevado custo. Na pesquisa realizada por Cuperschmid et al. (2015) foi utilizado óculos de RA, sendo informado que 43% dos usuários acharam o dispositivo desconfortável. A não utilização de óculos de RA nesta pesquisa, além de reduzir os custos com o dispositivo, aumentou a aceitação da equipe quanto ao conforto.

### Conclusão

A partir da pesquisa realizada, concluiu-se que a aplicação da tecnologia BIM e da realidade aumentada possuíam pontos positivos e negativos na construção de edificação. A metodologia implica positivamente na melhor compreensão durante a execução da obra, sendo um método intuitivo e resultando em um menor número de erros de execução. Em contrapartida, a precisão do referenciamento deixou a desejar, além da iluminação solar prejudicar a visualização da realidade aumentada.

A utilização conjunta da tecnologia BIM com a realidade aumentada é viável para a construção civil sendo necessários estudos complementares visando melhorar a tecnologia para aplicação em obras, corrigindo os pontos negativos observados nesta pesquisa.

### Referências

AZEVEDO, O. J. M. Metodologia BIM: Building Information Modeling na direção técnica de obras. 103f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, Reabilitação, Sustentabilidade e Materiais de Construção). Escola de Engenharia. Universidade do Minho. Guimarães, 2009.

AZHAR, S. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, v.11, n.3, p.241-252. 2011.

BRASIL. Decreto nº9.983, de 22 de agosto de 2019. Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, n.163, p.2-3. 2019.

CANUTO, C. L.; MOURA, L. R.; SALGADO, M. S. Tecnologias digitais e preservação do patrimônio arquitetônico: explorando alternativas. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*, v.7, n.4, p.252-264. 2016.

CARMONA, F. V. F.; CARVALHO, M. T. M. Caracterização da utilização do BIM no Distrito Federal. *Ambiente Construído*, v.17, n.4, p. 385-341. 2017.

CUPERSCHMID, A. R. M.; GRACHET, M. G.; FABRICIO, M. M. Realidade aumentada como auxílio à montagem de parede em wood-frame. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*, v.6, n.4, p.266-276. 2015.

ENGENHABIM. *Augin. Realidade aumentada*. 2020. Disponível em:

<[https://engenhabim.com/course/index/27/27#\\_](https://engenhabim.com/course/index/27/27#_)>. Acesso em: 31 de maio 2020.

FARIA, R. Construção integrada. *Téchne*, v.127, p.44-49, 2007. Disponível em: <<https://www.revistatechne.com.br/>>. Acesso em: 29 de maio de 2020.

KYMMELL, W. *Building Information Modeling: planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations*. New York. The McGraw-Hill Companies. Nova Iorque, 2008.

KIRNER, C.; SICOUTTO, R. Realidade virtual e aumentada: conceitos, projetos e aplicações. In: *Symposium on Virtual and Augmented Reality*, 9, 2007, Petrópolis. *Anais...Petrópolis*, 2007.

MATOS, C. R.; MIRANDA, A. C. O. The use of BIM in public construction supervision in Brazil. *Organization, Technology and Management in Construction*, v.10, n.1, p.1761-1769. 2018.

MENEZES, G. L. B. B. Breve Histórico de implantação da plataforma BIM. *Cadernos de Arquitetura e Urbanismo*, v.18, n.22, p.153-171, 2011.

NIANTIC. *Líderes em realidade aumentada*. Disponível em: <[https://nianticlabs.com/pt\\_br/](https://nianticlabs.com/pt_br/)> Acesso em: 28 de maio de 2020.

OLSSON, T. D. Concepts and subjective measures for evaluating user experience of mobile augmented reality services. In: HUANG, W.; ALEM, L.; LIVINGSTON, M. (Eds.). *Human factors in augmented reality environments*. New York: Springer, cap.9, p.203-232. 2013.

PERES, S. P. L. The use of BIM methodology in the project's incompatibilities resolution. 30f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação Engenharia Civil). Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal. Campo Grande, 2018.

SANTOS, A. P. L.; ANTUNES, C. E.; BALBINOT, G. B. Levantamento de quantitativos de obras: comparação entre o método tradicional e experimentos em tecnologia BIM. *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, v.6, n.12, p.134-155. 2014.

SOUSA, P. V. C. Aplicação da realidade aumentada na engenharia civil. 56f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação Engenharia Civil). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2012.

TAMAKI, L. BIM 2.0. *Téchne*, v.174, p.22-28, 2011. Disponível em:

<<https://www.revistatechne.com.br/>>. Acesso em: 25 de maio de 2020.

VICO. 5D BIM. 2011. Disponível em: <<https://www.vico-ndbim.com/>>. Acesso em: 30 de maio 2020.

## Capítulo IV

# **POTENCIAL NATURAL DE EROSÃO E LIMITE DE TOLERÂNCIA DE PERDAS DE SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE DO NAMORADO**

**Paulo Roberto Megna Francisco**

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

 <https://orcid.org/0000-0002-5062-5434>

**George do Nascimento Ribeiro**

Dr. Prof., CDSA, UFCG, Sumé-PB, george@ufcg.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0003-4225-0967>

**Karina Bezerra de Queiroz**

Mestranda do ProfÁgua, CDSA, UFCG, Sumé-PB, karinaemat@hotmail.com

 <http://lattes.cnpq.br/4710126697972692>

## Introdução

As atividades antrópicas modificam a harmonia das condições naturais ambientais, através de atividades com potencial de degradação levando ao processo de erosão acelerada. A erosão induzida é um fenômeno de enorme relevância por sua celeridade de ocorrência devido a ocasionar danos não só para as áreas agricultáveis, mas também para áreas alocadas para outras atividades ambientais, sociais e econômicas (PRUSKI, 2009).

A bacia hidrográfica do açude Namorado, localizada na região do Cariri Ocidental, no estado da Paraíba, representa uma unidade ecossistêmica e morfológica de estudo do bioma caatinga, permitindo dentre outros aspectos. As pesquisas que vêm sendo desenvolvidas na bacia hidrográfica do açude Namorado, em grande parte, têm procurado conhecer as particularidades daquele ecossistema, visando estabelecer as melhores formas de uso e práticas de manejo que possibilitem a recuperação de áreas degradadas e minimizem os impactos das atividades humanas sobre o ambiente. Neste contexto, o conhecimento das características dos solos que ocorrem na área da bacia coloca-se como fato relevante (CHAVES et al., 2006).

Para Couto (2015), o fator K (erodibilidade) é considerado um dos mais significativos para a compreensão do fenômeno erosivo. Técnicas indiretas para o cálculo de erodibilidade foram estabelecidas para determinação deste fenômeno nos solos, visto o longo período de tempo necessário para observações em condições naturais (BARBOSA et al., 2019). Dentre as técnicas mais utilizadas para determinação indireta da erodibilidade dos solos, tem-se o fator K inserido na equação USLE (DENARDIN, 1990). Esta equação possibilita realizar a previsão de perdas e o reconhecimento dos agentes relevantes causadores da erosão (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

A erosividade da chuva (Fator R) está relacionada à sua intensidade, duração e frequência de ocorrência. Aumentando a intensidade da chuva aumenta o tamanho

médio das gotas, a energia de impacto, bem como, o escoamento, aumentando a energia de transporte (WISCHMEIER & SMITH, 1978). Este fator é afetado pelas propriedades intrínsecas do solo, como a textura, estabilidade de agregados, resistência ao cisalhamento, capacidade de infiltração de água e demais atributos químicos e orgânicos (BLANCO & LAL, 2008; MORGAN, 2005). Tendo em vista o solo ser responsável pela resistência à erosão, a erodibilidade depende em grande parte também da posição topográfica, declive (Fator S) e da perturbação durante o cultivo (MORGAN, 2005).

A Linguagem Espaço-Geográfico baseada em Álgebra (LEGAL) realiza operações algébricas de mapas tanto em sentido matemático quanto cartográfico e espacial (FRANCISCO, 2010). É uma ferramenta que possibilita a realização de análises espaciais através de álgebra de mapas, podendo fazer simulações sobre os fenômenos do mundo real (CÂMARA et al., 1996).

Por este trabalho objetiva-se estimar o limite de tolerância de perdas dos solos (LTP) da bacia Namorado, e o potencial natural de erosão (PNE) utilizando os Fatores K, R e S através do uso de técnicas de geoprocessamento.

## Material e Métodos

A área da bacia hidrográfica do açude Namorado apresenta 14,06 km<sup>2</sup> está situada no município de São João do Cariri-PB, tendo como coordenadas geográficas 7° 23' 30" de latitude S e 36° 31' 59" de longitude O, com altitude média de 458 m. A bacia faz parte da rede de drenagem do rio Taperoá, que, por sua vez, é afluente do Rio Paraíba. Predomina na área o relevo ondulado (CHAVES et al., 2002) (Figura 1).

A rede hidrográfica é formada pelo riacho Namorado, de Boqueirãozinho, além de contribuintes menores que deságuam diretamente na bacia hidráulica do açude. Ao longo do riacho Namorado, o principal contribuinte, existem cinco outros barramentos, da fazenda Barroso, os açudes da fazenda Contendas e da fazenda Pousada das Emas (CHAVES et al., 2002).

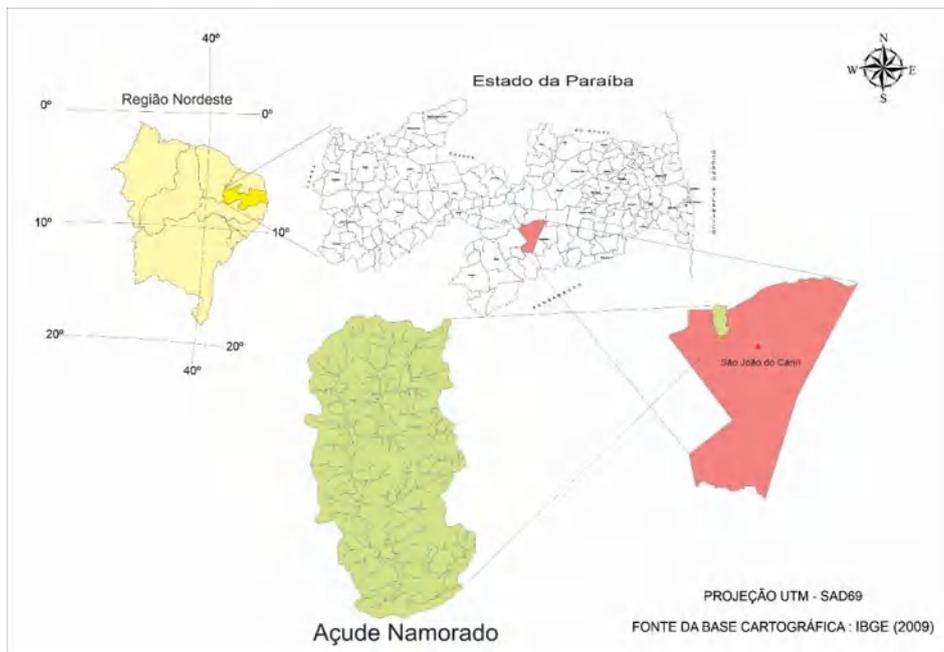


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo. Fonte: Adaptado de IBGE (2009).

O clima é o semiárido quente e a precipitação média anual no município é de 386,6mm, sendo, março a abril, os meses mais chuvosos, com médias de 93 e 84mm, respectivamente, com temperatura máxima de 25°C nos meses de novembro a janeiro e mínima de 21°C em julho. A evapotranspiração potencial apresenta de novembro a janeiro o valor médio de 120mm e julho o valor mínimo de 70mm, totalizando 1.190mm por ano (VAREJÃO-SILVA, 1984).

De acordo com Paes-Silva et al. (2003), a vegetação representativa da área de estudo é composta por caatinga sendo utilizada

Por se encontrarem numa unidade geológica cristalina, os solos são pedregosos, poucos profundos, portanto de difícil permeabilidade, o que facilita o escoamento

tradicionalmente como pastejo e produção de lenha e madeira, e outra parte menor composta por algaroba (*Proposis juliflora*), e por pequenas áreas agrícolas.

Os solos predominantes são o Luvisolo Crômico vértico, o Vertissolo Cromado órtico e o Neossolo Lítico, ocorrendo em 55,6, 22,4 e 7,9% da área, respectivamente. Ocorre ainda, ocupando áreas menores os solos Cambissolo Háplico, Neossolo Flúvico, Planossolos Háplico e afloramentos de rocha associados à Neossolo Lítico (CHAVES et al., 2002) (Figura 2).

superficial e a lixiviação da matéria orgânica e dos minerais presentes nas rochas (MORAIS et al., 2014).

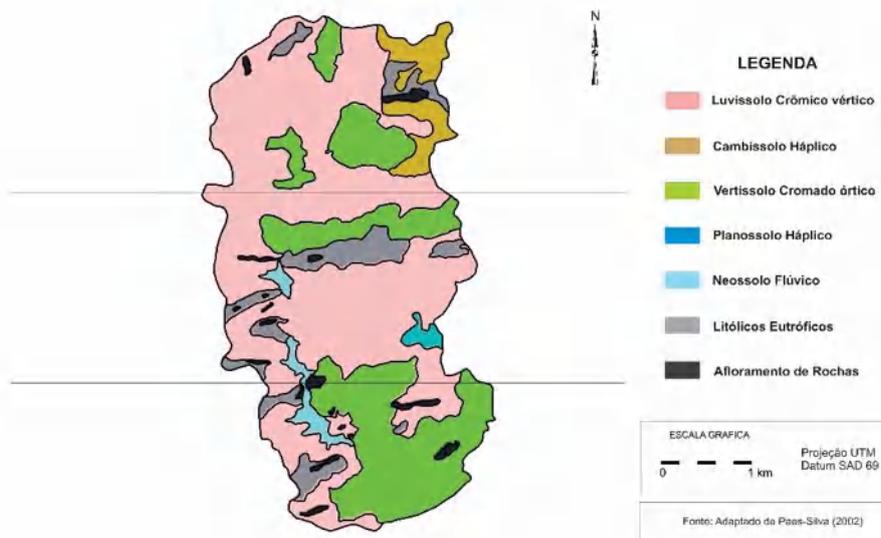


Figura 3. Mapa de solos da área de estudo. Fonte: Adaptado de Paes-Silva (2002).

Neste trabalho foi adotada a metodologia utilizada por Francisco e Chaves (2017), onde para a elaboração do mapa de declividade foi utilizado um mosaico digital do SRTM dos quadrantes SB24ZB, SB24ZD da área de estudo e a partir deles foram geradas as curvas de nível com equidistância de 10 metros. Para gerar a grade triangular foi criada uma base de dados no programa SPRING 5.2 na projeção UTM/SAD69; em seguida foi realizado o fatiamento da grade triangular com o estabelecimento dos limites de classes de

declive, procedendo-se o mapeamento em cinco classes (Tabela 1) (FRANCISCO, 2010).

O fator declividade (S) foi calculado pela equação ajustada por Bertoni e Lombardi Neto (1990) representada pela Equação 1.

$$LS = 0,00984 L^{0,63} \times S^{1,18} \text{ (Eq. 1)}$$

Onde: o comprimento de rampa (L) foi considerado igual à medida padrão de 25 metros.

Tabela 1. Classes de declividade

| Classes de Declividade    | Declive (%) | Classes de Risco | Fator S |
|---------------------------|-------------|------------------|---------|
| Plano                     | 0-3         | Muito Baixo      | <0,273  |
| Suave Ondulado            | 3-6         | Baixo            | <0,619  |
| Moderadamente Ondulado    | 6-12        | Médio            | <1,403  |
| Ondulado                  | 12-20       | Alto             | <2,564  |
| Forte Ondulado/Montanhoso | >20         | Muito Alto       | >2,564  |

Os índices de vulnerabilidade das classes foram estabelecidos de forma progressiva procurando-se simular a aceleração do processo erosivo. Procedeu-se o mesmo critério para os demais parâmetros do modelo: erodibilidade do solo e erosividade.

A erodibilidade dos solos (K) da bacia foi determinada pela equação proposta por Denardin (1990), para o conjunto dos solos brasileiros e americanos, simplificada por Chaves et al. (2004) para os dois principais parâmetros, o fator granulométrico M e a permeabilidade do solo P.

Na elaboração do mapa de erodibilidade foi criada uma planilha no Excel em que cada polígono de solo da área de estudo, baseado nas informações contidas nos perfis representativos de BRASIL (1972) e PARAÍBA (1978), teve calculado sua erodibilidade, baseada na metodologia proposta por Chaves et al. (2004).

Nesta proposta os autores considerando a possibilidade de obtenção dos dados do boletim de solos brasileiro, através de um artifício para estimativa dos dados de granulometria a partir da classificação internacional para a classificação americana, utilizam o modelo proposto por Denardin (1990), para estimar a erodibilidade dos solos e que tem a seguinte expressão matemática conforme a Equação 2.

$$K = 0,00000748 (X_{25}) + 0,00448059 (X_{29}) - 0,06311750 (X_{27}) + 0,01039567 (X_{32}) \text{ (Eq. 2)}$$

Onde: K, é o valor a ser estimado para o fator erodibilidade do solo, expresso em  $\text{Mg hMJ}^{-1} \text{mm}^{-1}$ ;  $X_{25}$ , é a variável granulométrica "M", calculada a partir da determinação pelo método da pipeta;  $X_{29}$ , é a permeabilidade do perfil de solo, codificada conforme Wischmeier et al. (1971);  $X_{27}$ , é o diâmetro médio ponderado das partículas menores do que 2mm, expresso em mm;  $X_{32}$ , é a relação entre o teor de matéria orgânica e o teor da "nova areia" determinada pelo método da pipeta.

Considerando o alto grau de determinação do parâmetro  $X_{25}$  (variável granulométrica "M"), com  $r^2 = 0,9461$ , a estimativa da erodibilidade dos solos foi calculada pela equação de K, reduzida aos dois primeiros parâmetros, cuja expressão matemática ajustada por Denardin (1990) passou a ser conforme a Equação 3.

$$K = 0,00000797 (X_{25}) + 0,0029283 (X_{29}) (r^2 = 0,9561) \text{ (Eq. 3)}$$

A variável "M" é um artifício que exalta a ocorrência das frações granulométricas do solo mais facilmente dispersas e transportadas pela água, o silte e a areia muito fina. Essas frações agrupadas numa mesma classe textural, passaram a ser chamada de fração "novo silte (NS)" enquanto, a fração areia com a subtração da fração areia muito fina, passou a ser chamada de "nova areia (NA)" (WISCHMEIER et al., 1971). Assim, a variável "M" é expressa pelo produto entre os valores percentuais da fração

novo silte, vezes a soma das frações novo silte + nova areia ( $M = NS \times (NS + NA)$ ).

Nos boletins de solos brasileiro o resultado da análise granulométrica é apresentado na classificação internacional (ISSS), enquanto, originalmente, a variável “M” utiliza os dados da classificação americana (USDA); assim, para a conversão dos dados granulométricos da classificação internacional dos boletins de solos brasileiros, com vista à classificação americana, Chaves et al. (2004) propuseram a Equação 4.

$$M = 640,03 e0,0003 M_i (r^2 = 0,8214) \text{ (Eq. 4)}$$

Tabela 2. Correspondência entre classes de drenagem e permeabilidade

| Classes de Drenagem     | Classes de Permeabilidade |
|-------------------------|---------------------------|
| Muito mal drenado       | Muito lenta               |
| Mal drenado             | Muito lenta               |
| Imperfeitamente drenado | Lenta                     |
| Moderadamente drenado   | Lenta a moderada          |
| Bem drenado             | Moderada                  |
| Acentuadamente drenado  | Moderada a rápida         |
| Fortemente drenado      | Rápida                    |
| Excessivamente drenado  | Rápida                    |

Fonte: BRASIL (1972); Wischmeier et al. (1971).

Para as descrições de drenagem intermediárias entre duas classes do tipo “bem drenado a acentuadamente drenado”, adotou-se uma codificação de valor intermediário, exemplo, 2,5. Os dados sobre textura ( $X_{25}$ ) e permeabilidade ( $X_{29}$ ) foram interpretados e calculados a partir da ordenação dos dados dos perfis de solos descritos no Boletim de Solos do Estado da Paraíba (BRASIL, 1972).

Na metodologia para o enquadramento das classes utilizou-se o valor da erodibilidade do solo representativo de cada unidade de

Sendo:  $M$  = valor de “M” corrigido, ou da variável  $X_{25}$  do modelo de Denardin, e  $M_i$  = valor obtido do boletim de solos (classificação internacional).

A estimativa da permeabilidade dos solos (variável  $X_{29}$ ) foi realizada a partir da correspondência entre as classes de drenagem descritas no boletim de solos (BRASIL, 1972) e as classes de permeabilidade propostas e codificadas por Wischmeier et al. (1971) (Tabela 2).

mapeamento, ou seja, o solo dominante de cada associação de solo. Para cada solo foi considerado apenas o valor da erodibilidade do horizonte superficial; assim, para cada polígono do mapa foi atribuído um valor representativo de erodibilidade; em seguida, agrupados em cinco classes de erodibilidade. Com vista à elaboração do mapa de erodibilidade do solo no SPRING foi realizada a classificação para o enquadramento das classes definidas conforme a Tabela 3.

Tabela 3. Classes de erodibilidade dos solos

| Classes de Risco | Erodibilidade - Fator K<br>( $Mg \text{ mm MJ}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ ) |
|------------------|--|
| Muito Baixa      | <0,01  |
| Baixa            | 0,01-0,02  |
| Média            | 0,02-0,03  |
| Alta             | 0,03-0,04  |
| Muito Alta       | >0,04  |

Na elaboração do mapa de erosividade da chuva ( $R$ ) utilizou-se o método da  $EI_{30}$  (Equação 5), conforme proposto por Lombardi Neto e Mondenhauer (1992), por utilizar apenas dados de precipitação pluviométrica mensal e anual. Os dados de precipitação média mensal e anual acumuladas para o município foram obtidos na Agência Executiva de Gestão das

Águas do Estado da Paraíba (AESPA) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

$$EI_{30} = 68,730 (r^2 / P)^{0,841} \text{ (Eq. 5)}$$

Em que:  $EI$  = média mensal do índice de erosividade ( $MJ \text{ mm h}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ );  $r$  = precipitação média mensal (mm); e  $P$  = precipitação média anual (mm).

Tabela 4. Classes de erosividade da chuva

| Classes de Risco | Erosividade - Fator R<br>(MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> ) |
|------------------|--|
| Muito Baixa      | 0-2000   |
| Baixa            | 2000-4000  |
| Média            | 4000-6000  |
| Alta             | 6000-8000  |
| Muito Alta       | 8000-10000   |

Para a elaboração do mapa do Potencial Natural de Erosão (PNE), foi estimado pelo produto dos parâmetros da Equação 6.

Erosividade da chuva (R) x Erodibilidade do solo (K) x Declividade (S) (Eq. 6)

Para os cálculos foi utilizada uma planilha eletrônica e para a modelagem a linguagem de programação LEGAL, subprograma do SPRING, conforme Tabela 5.

Tabela 5. Parâmetros para estimativa do PNE e do LTP

| Classes de Risco | Erosividade Fator R<br>(MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> ) | Erodibilidade Fator K<br>(Mg mm MJ <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup> ) | Declividade Fator S | PNE (R x K x S)<br>(Mg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> ) | Limites Tolerância Perdas<br>(Mg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> ) |
|------------------|--|---|---------------------|---|---|
| Muito Baixa      | 0-2000   | 0,00-0,01   | <0,273              | 0-5   | 0-3   |
| Baixa            | 2000-4000  | 0,01-0,02   | <0,619              | 5-50  | 3-6   |
| Média            | 4000-6000  | 0,02-0,03   | <1,403              | 50-250  | 6-9   |
| Alta             | 6000-8000  | 0,03-0,04   | <2,564              | 250-800   | 9-12  |
| Muito Alta       | 8000-10000   | 0,04-0,05+  | >2,564              | > 800   | >12   |

Para a elaboração do mapa do Limite de Tolerância de Perda (LTP) foi calculado pelo método de Smith e Stamey (1964), utilizado por Oliveira et al. (2008), que preconiza uma taxa média anual de perdas (LTP) determinada pela razão entre a profundidade do solo, em milímetros (h), e o período de tempo de desgaste de 1.000 anos.

$$LTP = H \cdot r \cdot d \cdot 1000^{-1} \text{ (Eq. 7)}$$

Sendo: H, profundidade efetiva limitada a 1 metro; r, o gradiente textural entre horizontes B e A, que se menor de 1,5, r igual a 1,0; entre 1,5 e 2,5, r igual a 0,75, e se maior que 2,5, r igual a 0,5; e d, a densidade do solo, estimada pela relação com o C orgânico (DS = 1,660 - 0,318 (%COT) 0,5, segundo Benites et al. (2007).

Para os cálculos foi utilizada uma planilha eletrônica e para a modelagem a linguagem de programação LEGAL subprograma do SPRING conforme a Tabela 5.

## Resultados e Discussão

Os resultados de precipitação média mensal para a área de estudo e do resultado do cálculo do índice de erosividade EI<sub>30</sub> em MJ ha<sup>-1</sup> mm h<sup>-1</sup> pode ser observado na Tabela 6.

Observa-se na Tabela 6, que a média da precipitação mensal apresenta valor de 41,15mm com os menores valores nos meses de setembro a dezembro entre 5,22 e 13,51mm. Os maiores valores de precipitação na bacia encontram-se entre os meses de março e abril com 87,35 e 77,37mm, respectivamente.

Medeiros et al. (2014), observaram que o quadrimestre mais chuvoso foram os meses de abril, maio, junho e julho.

Para os valores de erosividade, observa-se que também apresenta baixos índices para os meses de menores valores de precipitação de setembro a dezembro, com valores de EI<sub>30</sub> de 48,58 a 240,83 MJ ha<sup>-1</sup> mm h<sup>-1</sup>. Para os meses de fevereiro a maio apresenta o maior valor de 5.554,54 MJ ha<sup>-1</sup> mm h<sup>-1</sup>.

Tabela 6. Distribuição mensal média da precipitação e erosividade

| Meses/Anos<br>(1995-2020) | Precipitação média<br>(mm) | EI <sub>30</sub><br>(MJ ha <sup>-1</sup> mm h <sup>-1</sup> ) |
|---------------------------|----------------------------|---|
| Janeiro                   | 63,09                      | 3.283,20  |
| Fevereiro                 | 68,31                      | 3.673,36  |
| Março                     | 87,35                      | 5.554,54  |
| Abril                     | 77,37                      | 4.529,52  |
| Mai                       | 64,55                      | 3.339,90  |
| Junho                     | 42,19                      | 1.633,63  |
| Julho                     | 31,70                      | 1.009,98  |
| Agosto                    | 19,32                      | 439,31  |
| Setembro                  | 5,22                       | 48,58   |
| Outubro                   | 9,48                       | 132,68  |
| Novembro                  | 10,88                      | 167,25  |
| Dezembro                  | 13,51                      | 240,83  |
| <b>Média</b>              | <b>41,15</b>               | <b>2.004,40</b>   |

Os eventos de precipitação pluvial são fatores físicos de grande influência na magnitude das perdas de solo em região semiárida (THOMAZ, 2009), dependendo da extensão territorial e do clima local (JARDIM et al., 2017).

Conforme a Figura 4, no mapa de erosividade média anual da chuva, observa-se

que a erosividade da chuva na bacia é totalmente da classe baixa, entre 2.000 a 4.000 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Resultados próximos ao encontrado por Francisco e Chaves (2017) para a bacia do rio Taperoá, onde a bacia em estudo está inclusa.

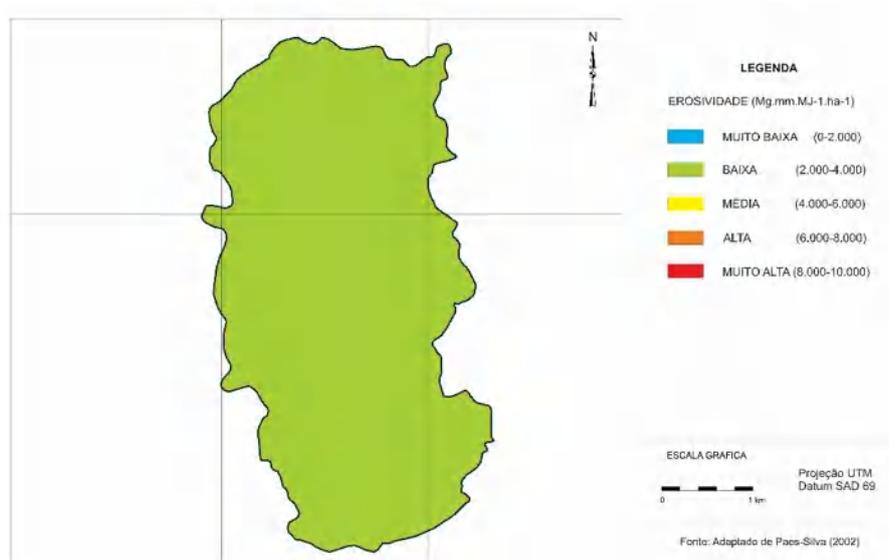


Figura 4. Mapa de Erosividade média anual da chuva – Fator R.

No Brasil, existem valores de erosividade determinados para várias regiões. De acordo com Cogo (1988), a erosividade apresenta uma amplitude de 5.000 a 12.000 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Nascimento e Chaves (1996) observaram que o fator R calculado pelo EI<sub>30</sub> para o município de Alagoinha, região do Brejo paraibano, apresentou valor médio anual de erosividade de 3.423 MJ ha<sup>-1</sup> mm h<sup>-1</sup> e afirmam que valores semelhantes foram obtidos por Chaves e Diniz (1981) para o município de Areia

de 3.875 MJ ha<sup>-1</sup> mm h<sup>-1</sup> em região de Brejo de altitude. Valores diferentes a este trabalho devido a bacia em estudo estar localizada em região semiárida com menores valores de precipitação.

Cantalice et al. (2009) observaram que a erosividade das regiões semiáridas do Estado de Pernambuco é baixa e muito baixa, resultado próximo a este estudo.

Alves e Azevedo (2013) estimando a erosividade das chuvas na bacia do riacho

Namorado, observaram que os maiores valores de erosividade para a série analisada foram nos meses de fevereiro, março e abril, coincidindo com os elevados valores precipitados. Medeiros et al. (2015) observaram que na região do Cariri/Curimataú para os meses de julho a dezembro as menores incidências erosivas fluíram entre 7,7 a 155,7 MJ mm.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. Resultados similar a este estudo.

Francisco et al. (2019) observaram que, a erosividade média anual da chuva na bacia do rio Taperoá, onde a bacia do açude do Namorado localiza-se, apresentou-se predominantemente baixa, em 75,2% da área, em que os valores variaram entre 2.000 a 4.000 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, ocorrendo longitudinalmente ao longo da bacia; valores médios variando de 4.000 a 6.000 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> ocorrem em 20,7% da área, associados a localidades com maiores volumes de precipitação. E em apenas em 4,1% da área a erosividade foi muito baixa, ocorrendo em áreas limítrofes elevadas e/ou com baixa muito precipitação. Observaram também que a distribuição dessas áreas mais planas está associada, predominantemente, aos solos Luvisolos Crômicos órtico, que ocorrem nas áreas interiores, nos interflúvios das principais drenagens da bacia.

Silva et al. (2012) estimando valores para o município de Cabaceiras, município contíguo, afirmam que o fator R da área foi de 9.471,3 MJ mm ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Os maiores índices de erosividade foram encontrados no período de

abril (507,1 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>) coincidindo com o mês mais chuvoso (60,2mm). Os menores índices de erosividade foram encontrados no período de outubro (3,9 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>) sendo este o mês de menor precipitação (3,9mm). Para a bacia do alto rio paraíba, localizada mais ao sul da bacia em estudo, Francisco et al. (2019b) identificaram valores médios em 20,73% da bacia associados a localidades com maiores volumes de precipitação.

Amaral et al. (2014) utilizando esta mesma metodologia para o Estado da Paraíba observaram que a erosividade variou de 2.000 a 10.000 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> e teve distribuição proporcional a da precipitação.

Conforme a Figura 5, no mapa de declividade - Fator S, observa-se que a declividade da bacia é predominantemente pertencente a classe muito baixa (0 a 3%), e baixa (3 a 6%). Essas terras ocorrem de forma difusa em toda a bacia, que no conjunto, abrangem 85,35% da área da bacia com 12 km<sup>2</sup> (Tabela 7). Observa-se que a distribuição dessas áreas mais planas está associada, predominantemente, aos solos Luvisolos Crômicos órtico, que ocorrem nas áreas interiores, nos interflúvios das principais drenagens da bacia. Francisco et al. (2013) observaram grande predominância dos terrenos planos (0 a 3%) em 59,3% e suave ondulado, em 27,7%, totalizando 87% da bacia do rio Taperoá, em qual a bacia do Namorado está inclusa.

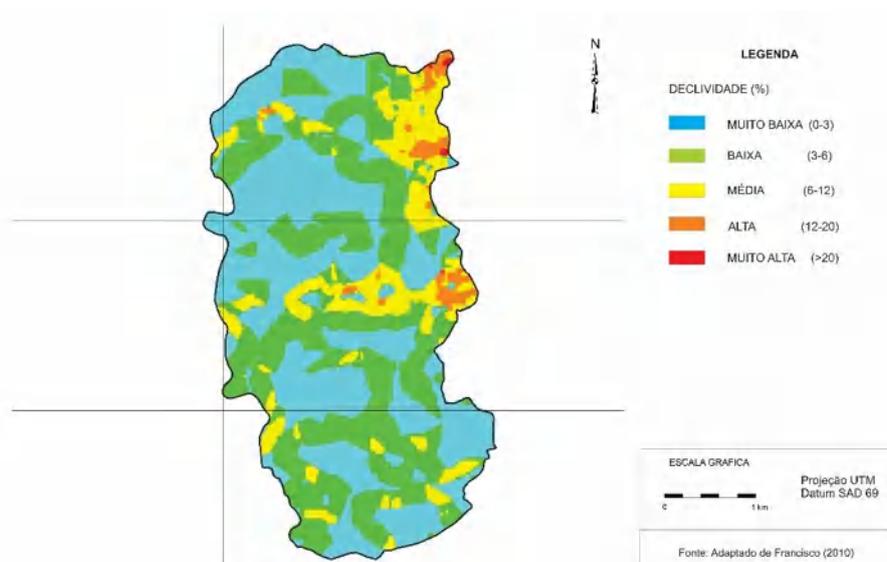


Figura 5. Mapa de Declividade - Fator S.

Confrontando-se o mapa do fator S de declividade (Figura 5), com o mapa de solos (Figura 2), observa-se que a distribuição das áreas mais planas, estão associadas às classes de solos com predominância para os Planossolo Nátrico e Luvissoilo Crômico vértico, dados que corroboram com os estudos de Francisco et al. (2012) e Francisco et al. (2013).

Observa-se que sua distribuição está associada aos solos predominantes da bacia, o Luvissoilo, Vertissolo, Neossolo Flúvico e Planossolos Háplico, corroborando com as

observações de Paes-Silva (2002) e de Chaves et al. (2002) onde descrevem que no terço inferior da bacia as áreas mais declivosas correspondem, em grande parte, as encostas côncavas resultantes da dissecação da rede de drenagem. No terço médio as áreas mais declivosas correspondem às encostas da elevação que cruza transversalmente a bacia, e no terço superior, as áreas mais declivosas ocorrem nas encostas das serras e nas cabeceiras da drenagem.

Tabela 7. Áreas das classes de vulnerabilidade a desertificação

| Classes de risco | Fator R            |     | Fator K            |       | Fator S            |        | PNE                |        | LTP                |        |
|------------------|--------------------|-----|--------------------|-------|--------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------|
|                  | (Km <sup>2</sup> ) | (%) | (Km <sup>2</sup> ) | (%)   | (Km <sup>2</sup> ) | (%)    | (Km <sup>2</sup> ) | (%)    | (Km <sup>2</sup> ) | (%)    |
| Muito Baixa      |                    |     | 0,23               | 1,64  | 6,920              | 49,218 |                    |        | 5,275              | 37,518 |
| Baixa            | 14,060             | 100 | 0,928              | 6,60  | 5,080              | 36,131 | 0,596              | 4,239  | 8,135              | 57,859 |
| Média            |                    |     | 3,892              | 27,68 | 1,771              | 12,596 | 8,983              | 63,890 |                    |        |
| Alta             |                    |     | 1,100              | 7,82  | 0,277              | 1,970  | 4,323              | 30,747 |                    |        |
| Muito Alta       |                    |     | 7,910              | 56,26 | 0,012              | 0,085  | 0,158              | 1,124  | 0,650              | 4,623  |
| Total            | 14,060             | 100 | 14,060             | 100   | 14,060             | 100    | 14,060             | 100    | 14,060             | 100    |

As áreas mais declivosas da bacia das classes alta e muito alta se distribuem em áreas de encosta ao nordeste da bacia no terço superior. A classe média, normalmente ocorrendo associada à classe muito alta, representando áreas com declividades entre 6% e superiores a 20%, ocupam 2,05 km<sup>2</sup>, representando 14,65% da área da bacia (Tabela 7). Conforme Valladares et al. (2012) esta característica reforça a importância de conservar a topografia dos terrenos, pois solos que estão em locais declivosos apresentam maior tendência a processos erosivos, seja hídrico ou eólico, principalmente em locais que possuam cursos de corpos d'água.

Observa-se no mapa de erodibilidade do solo - Fator K (Figura 6), que apresenta erodibilidade muito alta em 56,26% da área (Tabela 7) com valores de 0,0436 Mg h MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> (Tabela 8) representado pelos Luvissoles. Paes-Silva (2002) afirma que o Luvissoilo Crômico vértico é o solo dominante da área, ocorrendo em 55,6%. Com sequência de horizontes A fracamente desenvolvido e mudança textural abrupta do A para o Bt vértico que ocorrem nos interflúvios e posições de topo mais rebaixados, com relevo suave ondulado e ondulado.

Na classe alta de erodibilidade representada pelos Neossolos Litólicos apresenta valores de 0,0355 Mg h MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> em 7,82% da área em 1,1 km<sup>2</sup>. Esta susceptibilidade

está relacionada aos percentuais elevados das frações silte e areia fina, dos Neossolos Litólicos e dos Luvissoles Crômicos, solos com maiores áreas de ocorrência, dados que concordam com os resultados obtidos por Chaves et al. (2004), Francisco (2013) e Francisco et al. (2013b; 2019). E de forma secundária, associados a permeabilidade baixa (FRANCISCO et al., 2019b). Estes são solos com teores elevados de silte e areia fina, frações estas, que em conjunto, estão associadas a 93% das variações da susceptibilidade dos solos a erosão (RENARD et al., 1997).

Chaves et al. (2004), encontraram utilizando esta mesma metodologia para os solos de todo o Estado da Paraíba, valores variando de 0,010 a 0,054 Mg h MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> onde afirmam que os solos Luvissoles e os Neossolos Litólicos, típicos da região semiárida de estudo, são os mais susceptíveis à erosão do Estado. Nogueira (2000) observou que os valores extremos do fator K foram para os Litólicos entre 0,0442 e 0,0551 t.ha.h/ha.MJ.mm.

Na classe média de erodibilidade com valores de 0,0262 a 0,0298 Mg h MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> estão representados pelos Vertissolos e Planossolos, respectivamente, com uma área de 3,892 km<sup>2</sup> em 27,68% da bacia. Valores médios semelhantes foram encontrados por Francisco et al. (2019c) na bacia do Alto curso do rio Paraíba o valor de 0,0290 e 0,0298 Mg h MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> para os Vertissolos e Planossolos,

respectivamente, compatíveis com o resultado encontrado neste trabalho.

Paes-Silva (2002) afirma que o Vertissolo Cromado órtico da bacia em estudo, são os solos com cor de matiz mais avermelhada da área, argilosos, pouco profundo a raso com sequência de horizonte A/C e apresentando fendilhamento pela expansividade das argilas de alta atividade. Este ocorre com maior expressão no seu terço inferior, no entorno do açude Namorado e sede da Estação

Experimental, em situação de relevo ondulado. A sua ocorrência no terço médio e superior da bacia está em situações de terço inferior das encostas e em topos aplainados. A textura mais argilosa, o baixo gradiente textural entre horizontes e sub-horizontes e a ocorrência de pedras na superfície do solo como em toda a bacia hidrográfica, são fatores a que se pode atribuir a sua maior resistência a erosão.

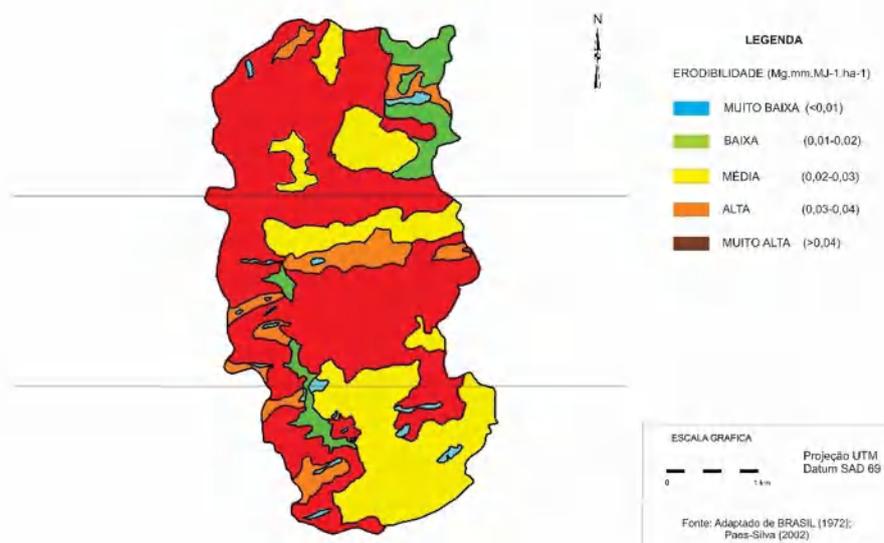


Figura 6. Mapa de erodibilidade dos solos – Fator K.

As classes de erodibilidade baixa, com valores inferiores a 0,0198 e 0,0192  $\text{Mg h MJ}^{-1} \text{mm}^{-1}$  representada pelo Cambissolo e pelo Neossolo Flúvico, respectivamente, em 0,928  $\text{km}^2$  em 6,60% da área.

De acordo com Paes-Silva (2002), o Cambissolo Háplico ocorre nas posições mais elevadas da bacia, acima de 540 m nas encostas e topos das serras com relevo ondulado a plano. São solos rasos a moderadamente profundos, com textura franca argila arenosa e fraco desenvolvimento estrutural. O baixo gradiente

textural e presença de minerais primários no perfil demonstram o seu baixo grau de desenvolvimento pedogenético.

Pelos dados das Tabelas 7 e 8, observa-se que a classe de erodibilidade muito baixa com valores de erodibilidade de 0,0029  $\text{Mg h MJ}^{-1} \text{mm}^{-1}$  ocupa uma área de 0,23  $\text{km}^2$  da bacia, representando 1,64% da área total, onde é representado por Afloramentos de Rocha.

Pela Tabela 8 pode-se observar os valores dos parâmetros de determinação e da erodibilidade dos solos, com sua classificação.

Tabela 8. Parâmetros dos solos utilizados para estimativa e classificação da erodibilidade (Fator K)

| Solos   | N.o Perfil | Areia (%) | Ar+ Silt (%) | Mi   | Mc   | Drenab | Fator K | Classe |
|---|------------|-----------|--------------|------|------|--------|---------|--------|
| TCo - Luvisolo Crômico Órtico típico          | 32         | 24        | 65           | 5785 | 3630 | 5      | 0,0436  | MA     |
| Cxve - Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico | 37         | 38        | 46           | 3864 | 2040 | 1      | 0,0192  | B      |
| Vco - Vertissolo Cromado Órtico típico        | 42         | 23        | 42           | 2730 | 1452 | 5      | 0,0262  | M      |
| SNo - Planossolo Nátrico Órtico típico        | 43         | 51        | 40           | 3640 | 1907 | 5      | 0,0298  | M      |
| RUve - Neossolo Flúvico Ta Eutrófico solódico | 47         | 51        | 5            | 54   | 650  | 5      | 0,0198  | B      |
| RLe - Neossolo Litólico Eutrófico típicos     | 53         | 32        | 60           | 5520 | 3353 | 3      | 0,0355  | A      |
| Afloramento de Rocha                          |            | 0         | 0            | 0    | 0    | 1      | 0,0029  | MB     |

Fonte: BRASIL (1972).

No mapa de potencial natural de erosão da bacia (PNE) (Figura 7), pode-se observar que a classe média que varia entre 50 a 250 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> encontra-se em 63,89% da área total da bacia, e da classe baixa para 4,24% das suas terras entre 0 a 5 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Resultado este influenciado pela classe de declividade média ocorrendo em áreas de declividade baixa e média sob os Luvisolos e Neossolos Flúvicos. De acordo com Francisco et al. (2019), o baixo potencial erosivo das chuvas (fator R) e o relevo mais plano (fator S) da bacia vêm neutralizar um maior potencial de erosão (PNE). Os

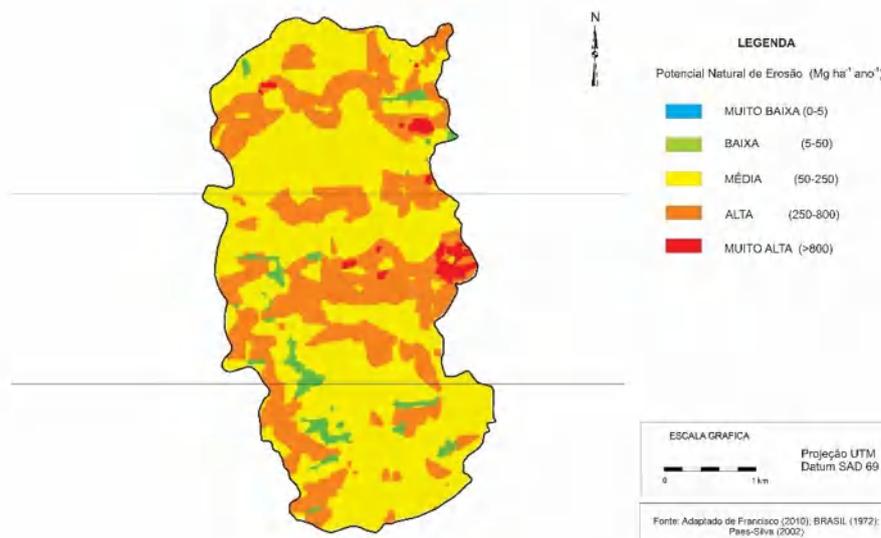


Figura 7. Mapa do potencial natural à erosão - PNE.

Para a classe alta de potencial natural de erosão observa-se 4,28% da área da bacia que varia entre 250 a 800 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Tabela 7) localizada por toda a bacia ocorrendo em Neossolos Litólicos. Já a classe muito alta representa somente 1,12% da bacia ocorrem em áreas de maior declividade da bacia. Resultado este influenciado pela média erosividade da chuva e pela declividade do terreno, devido estar localizado em áreas de maior elevação do terreno.

Observa-se no mapa de limite de tolerância de perdas dos solos (LTP) (Figura 8) que a classe, muita baixa compreende 37,51% da área da bacia (Tabela 7), a área da classe baixa compreende 57,85% totalizando 13,42 km<sup>2</sup> do total (95,38%) que ocorre por toda a bacia nos Luvisolos, Vertissolos, Planossolos, Neossolo Litólicos e Neossolos Flúvicos.

De acordo com Francisco et al. (2019), estes baixos valores de tolerância a perdas estão associados à baixa profundidade efetiva dos Neossolos Litólicos, bem como, ao forte gradiente textural do horizonte argílico dos

mesmos autores encontraram resultados similares a este estudo em pesquisa na bacia do alto rio Paraíba.

Conforme Paes-Silva (2002), o Neossolo Flúvico, são solos formados por sedimentos aluviais, de textura variada, apresentando camadas que refletem os ciclos de deposição. A textura deste solo reflete a energia do processo de transporte dos sedimentos e a fertilidade, a riqueza química dos solos contribuintes. Ocorrem no trecho médio e baixo do riacho Namorado.

Luvisolos. Estes solos também apresentam alta susceptibilidade à erosão hídrica (K), o que faz elevar o potencial natural de erosão (PNE), mesmo com o baixo potencial erosivo das chuvas (R) e do relevo plano a suave ondulado das terras da bacia (S). Estes resultados são concordantes com as observações dos trabalhos realizados na região (CHAVES et al., 2004; CHAVES et al., 2015; FRANCISCO et al., 2017).

Paes-Silva (2002), relata que o Neossolo Lítico são solos rasos pouco desenvolvidos, com sequência de horizonte A/C/R ou A/R. São áreas de relevo ondulado a forte ondulado em posições de topo e terço superior das áreas mais elevadas, associados a afloramento de rocha. Sua baixa profundidade efetiva associada a forte declividade torna-o mais susceptível a erosão.

Gomes et al. (2015) observaram que nos Neossolos em área declivosa no município de Guarabira-PB, região Agreste, os valores de perda de solos com valores médios máximos de 3,3 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Estimativa de perdas de solos próximo aos valores obtidos neste trabalho.

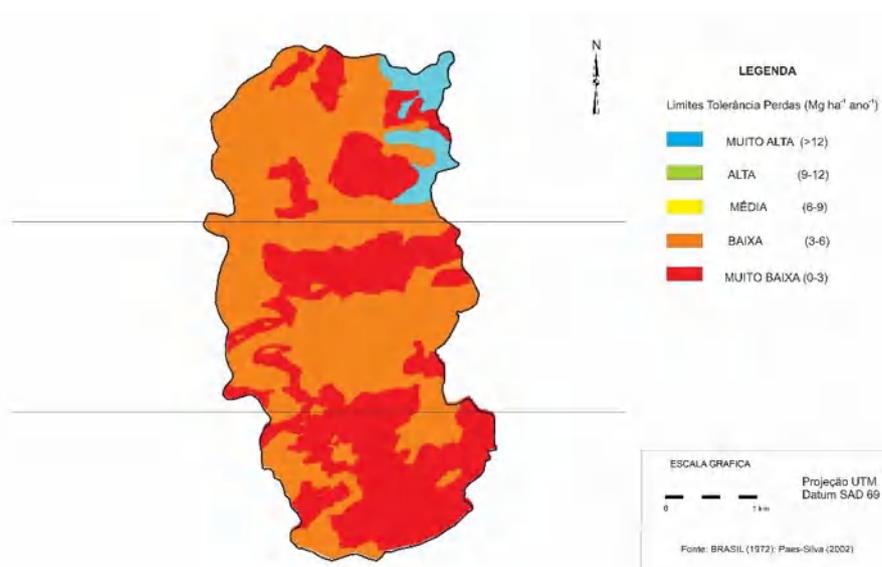


Figura 8. Mapa de limites de tolerância às perdas - LTP.

A classe muito alta de limite de tolerância de perdas dos solos está associada ao Cambissolo com profundidade efetiva de 1 m, maior que os demais solos da bacia e ocorre em somente 4,62% (0,65 km<sup>2</sup>) ao nordeste da bacia

nas nascentes. As classes de limite de tolerância de perdas média e alta não ocorrem na área.

A tolerância de perda de solo segue a ordem do Planossolo > Vertissolo > Neossolo Flúvico > Neossolo Litólico > Luvisolo > Cambissolo (Tabela 9).

Tabela 9. Parâmetros dos solos utilizados para estimativa e classificação do LTP

| Classe de solos                               | Argila (%)          | rt  | r    | Prof. h (mm) | Altura h.r (m) | Densidade (g/cm <sup>3</sup> ) | T (Mg.ha <sup>-1</sup> ) | Classe |
|---|---------------------|-----|------|--------------|----------------|--------------------------------|--------------------------|--------|
| TCo - Luvisolo Crômico Órtico típico          | A = 11,0 e B = 32,0 | 1,8 | 0,75 | 550          | 0,413          | 1,32                           | 5,445                    | B      |
| Cxve - Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico | A = 16,0 e B = 16   | 1,2 | 1    | 1000         | 1              | 1,32                           | 13,2                     | MA     |
| Vco - Vertissolo Cromado Órtico típico        | A = 35,0 e C = x    | 1,6 | 0,75 | 150          | 0,113          | 1,32                           | 1,485                    | MB     |
| SNo - Planossolo Nátrico Órtico típico        | A = 9,0 e B = 26,0  | 2,9 | 0,5  | 170          | 0,085          | 1,32                           | 1,122                    | MB     |
| RUve - Neossolo Flúvico Ta Eutrófico solódico | A = 41,0 e C = x    | X   | 1    | 150          | 0,15           | 1,32                           | 1,98                     | MB     |
| RLe - Neossolo Litólico Eutrófico típicos     | A = 8,0 e R = x     | X   | 1    | 200          | 0,2            | 1,32                           | 2,64                     | MB     |
| Afloramento de Rocha                          | A = 10,0 e C = x    | X   | 0,75 | 350          | 0,2625         | 1,32                           | 3,465                    | B      |

O Planossolo Háplico, conforme Paes-Silva (2002), apresenta como característica diagnóstica uma mudança textural abrupta entre os horizontes A e Bt. O horizonte Bt apresenta estrutura prismática, argila de atividade alta, sendo imperfeitamente drenado. A percentagem de saturação por sódio está entre 3 a 13% nos horizontes B e C (BRASIL, 1972) e ocorre em posição de topo plano.

Na Figura 9 pode-se observar área de Luvisolos da bacia em estudo em processo de perda da camada superficial localizado em área de maior declividade. Na Figura 10 observa-se o açude do Namorado nas áreas mais baixa da bacia.



Figura 9. Luvisolos em processo de perda da camada superficial.



Figura 10. Açude do Namorado.

### Conclusão

Este trabalho permitiu levantar informações importantes sobre o diagnóstico físico conservacionista da bacia hidrográfica, estimando dados quantitativos do potencial natural de erosão e limite de tolerância de perdas de solo.

Os resultados retrataram com razoável fidelidade ao estado atual das terras da bacia e demonstraram que o limite de tolerância de perdas dos solos da classe muito alta ocorreram em 95,38% da bacia associada aos Luvisolos, Vertissolos, Planossolos, Neossolo Litólicos e Neossolos Flúvicos.

O potencial natural de erosão da bacia a classe média variou entre 50 a 250 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em 63,89% da área, influenciado pela declividade média em áreas de ocorrência dos Luvisolos.

### Referência Bibliográfica

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

ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P. V. DE. Estimativa da erosividade das chuvas na bacia do riacho Namorado, no município de São João do Cariri (PB). *Ambiência Guarapuava*, v.9, n.1, p.3-23, 2013.

AMARAL, B. S. D.; DANTAS, J. S.; SILVA, R. M.; CARVALHO NETO, J. F. Variabilidade espacial da erosividade das chuvas Estado da Paraíba. *Rev. Bras. Geografia Física*, v.7, n.4, p.691-701, 2014.

BARBOSA, R. S.; MARQUES, J.; BARRON, V.; MARTINS, M. V.; SIQUEIRA, D. S.; PELUCO, R. G.; SILVA, L. S. Prediction and mapping of erodibility factors (USLE and WEPP) by magnetic susceptibility in basalt-derived soils in northeastern São Paulo state, Brazil. *Environmental Earth Sciences*, v.78, n.1, p.12, 2019.

- BLANCO, H.; LAL, R. Principles of soil conservation and management. New York: Springer, 2008.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. Piracicaba, SP, LivroCeres, 1990. 132p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento Exploratório e de Reconhecimento dos Solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro. Convênio MA/CONTA/USAID/BRASIL, 1972. (Boletins DPFS-EPE-MA, 15 - Pedologia, 8).
- CÂMARA, G.; MEDEIROS, C. B.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A.; MAGALHÃES, G. Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica. Escola de Computação. SBC, 1996. 193p.
- CANTALICE, J. R. B.; BEZERRA, S. A.; FIGUEIRA, S. B.; INÁCIO, E. S. B.; SILVA, M. D. R. O. Linhas isoerosivas do Estado de Pernambuco. Revista Caatinga, v.22, p.75-80, 2009.
- CHAVES, I. B.; DINIZ, E. J. Erosividade das chuvas no Estado da Paraíba. In: Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo, 1981, Recife. Anais...Recife, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1981, p.136-147.
- CHAVES, I. DE B.; SLACK, D. C.; GUERTIN, D. P.; LOPES, V. L. Estimativa da erodibilidade e sua relação com outros atributos dos solos do Estado da Paraíba. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 15, 2004, Santa Maria. Anais...Santa Maria, 2004.
- CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. B.; VASCONCELOS, A. C. F. Propriedades químicas dos solos da bacia hidrográfica do Açude Namorado, PB. Principia, v.10, n.14, p.68-75, 2006.
- CHAVES, I. DE B.; FRANCISCO, P. R. M.; LIMA, E. R. V. DE; CHAVES, L. H. G. Modelagem e mapeamento da degradação da caatinga. Revista Caatinga, v.28, n.1, p.183-195, 2015.
- CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. B.; VASCONCELOS, A. C. F. Salinidade das águas superficiais e suas relações com a natureza dos solos na bacia escola do açude Namorado e diagnóstico do uso e degradação das terras. Campina Grande, 2002, 114p. (Relatório Técnico).
- COGO, N. P. Conceitos e princípios científicos envolvidos no manejo de solo para fins de controle da erosão hídrica. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 21, Campinas, 1988. Anais...Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p.251-262.
- COUTO, B. O. C. Análise de erodibilidade em taludes com horizontes resistentes e suscetíveis aos processos erosivos. 124f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia). Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2015.
- DENARDIN, J. E. Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos. Piracicaba. 114f. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. 1990.
- FRANCISCO, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. 122f. Dissertação (Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.
- FRANCISCO, P. R. M. Modelo de mapeamento da deterioração do Bioma Caatinga da bacia hidrográfica do Rio Taperoá, PB. 97f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2013.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. de B. Modelo para estimativa da vulnerabilidade à desertificação. Revista Educação Agrícola Superior, v.32, n.2, p.37-50, 2017.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; CHAVES, L. H. G.; LIMA, E. R. V. DE; SILVA, B. B. DA. Modelo de mapeamento da deterioração das terras semiáridas. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 42, 2013, Fortaleza. Anais...Fortaleza, 2013b.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; LIMA, E. R. V. DE. Mapeamento das terras para mecanização agrícola - Estado da Paraíba. Revista Brasileira de Geografia Física, v.5, n.2, p.233-249, 2012.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. de B.; MORAES NETO, J. M. DE; LIMA, V. L. A. DE; BARRETO, H. T. S. Erodibilidade dos solos da bacia hidrográfica do alto rio Paraíba. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 6, 2019, Palmas. Anais...Palmas, 2019.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; MORAES NETO, J. M. DE; LIMA, V. L. A. DE; BARRETO, H. T. S. Índice de deterioração das terras semiáridas aplicado no mapeamento da bacia do Alto rio Paraíba. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 6, 2019, Palmas. Anais...Palmas, 2019.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; OLIVEIRA, F. P. DE; SANTOS, D.; BARRETO, H. T. S. Vulnerabilidade dos solos à desertificação na bacia do Alto rio Paraíba. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 6, 2019, Palmas. Anais...Palmas, 2019.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; CHAVES, L. H. G.; BRANDÃO; Z. N.; LIMA; E. R. V. DE;

- SILVA, B. B. DA. Mapeamento da vulnerabilidade das terras da bacia hidrográfica do rio Taperoá. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.6, n.2, p.271-286, 2013.
- GOMES, V. DOS S.; DANTAS, W. M.; BARBOSA, M. A. DA S.; VENDRUSCOLO, J.; ABRANTES, E. G. DE; FÉLIX, V. J. DE L. Tolerância à perda de solo para o município de Guarabira-PB. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 35, 2015, Natal. Anais...Natal, 2015.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 março de 2011.
- JARDIM, A. M. DA R. F.; ARAÚJO JÚNIOR, G. DO N.; SILVA, M. J. DA; MORAIS, J. E. F.; SILVA, T. G. F. DA. Estimativas de perda de solo por erosão hídrica para o município de Serra Talhada, PE. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, v.2, n.3, p.186-193, 2017.
- LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). *Bragantia*, v.51, p.189-196, 1992.
- MEDEIROS, R. M. DE; BORGES, C. K.; FRANCISCO, P. R. M.; GOMES FILHO, M. F. Variabilidade pluviométrica em São João do Cariri-PB. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 1, 2014, Teresina. Anais...Teresina, 2014.
- MORAIS, L. G. B. DE L.; FRANCISCO, P. R. M.; MELO, J. A. B. DE. Análise da cobertura vegetal das terras de região semiárida com o uso de geotecnologias. *Polêm!ca*, v.13, n.3, p.1345-1363, 2014.
- MORGAN, R. P. C. Soil erosion and conservation. 3. ed. Londres: Blackwell Science, 2005. 304p.
- NASCIMENTO, C. W. A. DO; CHAVES, I. B. Erosividade e características da chuva correlacionadas com perdas de solo em Alagoinha-PB. *Ciência Rural*, v.26, n.3, p407-412, 1996.
- NOGUEIRA, F. P. Uso agrícola sustentado das terras do município de Vera Cruz, SP: proposta metodológica. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2000.
- PAES-SILVA, A. P. Cobertura vegetal da bacia hidrográfica do açude Namorado no Cariri paraibano. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2002.
- PAES-SILVA, A. P.; CHAVES, I. DE B.; SAMPAIO, E. V. S. B. Cobertura vegetal da bacia hidrográfica do açude Namorado no Cariri Oriental Paraibano. *Agropecuária Técnica*, v.24, n.1, p.47-59, 2003.
- PARAÍBA. Governo do Estado. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. CEPA-PB. Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba. Relatório ZAP-B-D-2146/1. UFPB-EletoConsult Ltda., 1978. 448p.
- PRUSKI, F. F. Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. 2.a ed. Ed UFV, 2009. 279p.
- RENARD, K. G.; FOSTER, G. R.; WEESIES, G. A.; MCCOOL, D. K.; YODER, D. C. (Coord). Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). USDA, 1997. (Agriculture Handbook n.703).
- SILVA, V. M. DE A.; MEDEIROS, R. M. DE; FRANCISCO, P. R. M.; TAVARES, A. L.; PATRÍCIO, M. DA C. M.; BORGES, C. K. Avaliação do índice da erosividade da chuva no município de Cabaceiras visando à captação pluvial. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 8, 2012, Campina Grande. Anais...Campina Grande, 2012.
- THOMAZ, E. L. The influence of traditional steep land agricultural practices on runoff and soil loss. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.130, n.1, p.23-30, 2009.
- VALLADARES, G. S.; GOMES, A. S.; TORRESAN, F. E.; RODRIGUES, C. A. G.; GREGO, C. R. Modelo multicritério aditivo na geração de mapas de suscetibilidade à erosão em área rural. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.47, n.9, p.1376-1383, 2012.
- VAREJÃO-SILVA M. A.; BRAGA, C. C.; AGUIAR M. J. N.; NIETZCHE M. H.; SILVA, B. B. Atlas Climatológico do Estado da Paraíba. UFPB, Campina Grande, 1984.
- WISCHMEIER, W. H.; JOHNSON, C. B.; CROSS, B. W. A soil erodibility monograph for farmland and construction sites. *Journal of Soil and Water Conservation*, v.26, n.5, p.189-193, 1971.

## Capítulo V

# **MAPEAMENTO E ANÁLISE DA EROSIVIDADE DA CHUVA NA BACIA DO ALTO RIO PARAIBA**

**Rayna Kelly da Silva**

Graduanda em Biosistemas, UFCG, Sumé-PB, silvarayna16@gmail.com

 <http://lattes.cnpq.br/7267479228118781>

**George do Nascimento Ribeiro**

Dr. Prof., CDSA, UFCG, Sumé-PB, george@ufcg.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0003-4225-0967>

**Paulo Roberto Megna Francisco**

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

 <https://orcid.org/0000-0002-5062-5434>

## Introdução

A erosão hídrica é um dos fenômenos mais danosos ao solo e às atividades humanas, em especial as atividades agrícolas. É caracterizado pelo processo de desprendimento, transporte e deposição de partículas e nutrientes das camadas superficiais dos solos e seus, realizado devido a ação do escoamento superficial das águas da chuva (ASHIAGBOR et al., 2013; BERTONI & LOMBARDI NETO, 2014; DECHEN et al., 2015; BELASRI & LAKHOULI, 2016; BARROS et al., 2018).

Bertoni e Lombardi Neto (2005) definem que, a erosão é o processo de desprendimento e arraste das partículas do solo causado pela água e pelo vento; entre os fatores que influenciam na magnitude do processo erosivo, estão as chuvas, a infiltração, a topografia do terreno, a cobertura vegetal e a natureza do solo. A estimativa exata da erosão do solo causada pela chuva é muito importante em vários contextos ambientais, tais como a avaliação de perda de solo potencial de terras cultivadas e a avaliação da perda de capacidade de armazenamento de água nos reservatórios, devido à deposição de sedimentos (AMORE et al., 2004).

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2010), se faz necessário uma previsão mais precisa e eficaz das perdas de solo, servindo como direcionamento para o planejamento do uso do solo e determinação das práticas de conservação do solo mais adequadas para uma determinada área.

A Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) (WISCHMEIER & SMITH, 1978) é um modelo empírico para estimar a perda média anual de solo por erosão laminar e considera fatores naturais e antrópicos. Dentre os vários fatores que determinam a erosão do solo, descritos no modelo EUPS, destaca-se a Erosividade das Chuvas (fator R), que representa o potencial da mesma em causar

enxurrada e conseqüentemente produzir erosão do solo (ROQUE, 2001).

A utilização de modelos matemáticos para a estimativa da erosão do solo é uma alternativa que permite realizar simulações em diferentes cenários e obter resultados representativos para diferentes escalas temporais e espaciais (AMORIM et al., 2010; KINNELL, 2010; PANAGOS, 2015). Conforme Jakob (2012), a krigagem é considerada uma boa metodologia de interpolação de dados. Autores como Francisco et al. (2016) mapeando índices de umidade, hídrico e aridez, discriminação de cenários pluviométricos, e insolação utilizando krigagem, obtiveram excelentes resultados.

Gianezini e Saldias (2010), Sá et al. (2010; 2012), Francisco et al. (2011) afirmam que, a geotecnologia destaca-se pela possibilidade de leitura e análise a partir da coleta de informações sobre as características das propriedades e seus recursos, e na atualidade, com o avanço da informática e a disponibilização de programas computacionais para estudos de análise ambiental, a ferramenta tecnológica que mais cresce, está ligada ao geoprocessamento, com a utilização de um sistema de informação geográfica.

Portanto, objetiva por este trabalho estimar e mapear a erosividade da chuva ( $EI_{30}$ ) da bacia da região do Alto rio Paraíba através de geotecnologias utilizando a interpolação por krigagem.

## Material e Métodos

A área de estudo é a bacia do alto rio Paraíba localizada na região do Cariri Ocidental que ocupa área de 6.983 km<sup>2</sup>, abrangendo os municípios de Amparo, Barra de São Miguel, Boqueirão, Cabaceiras, Camalaú, Caraúbas, Congo, Coxixola, Monteiro, Ouro Velho, Prata, São Domingos do Cariri, São João do Cariri, São João do Tigre, São Sebastião do Umbuzeiro, Serra Branca, Sumé e Zabelê (Figura 1).

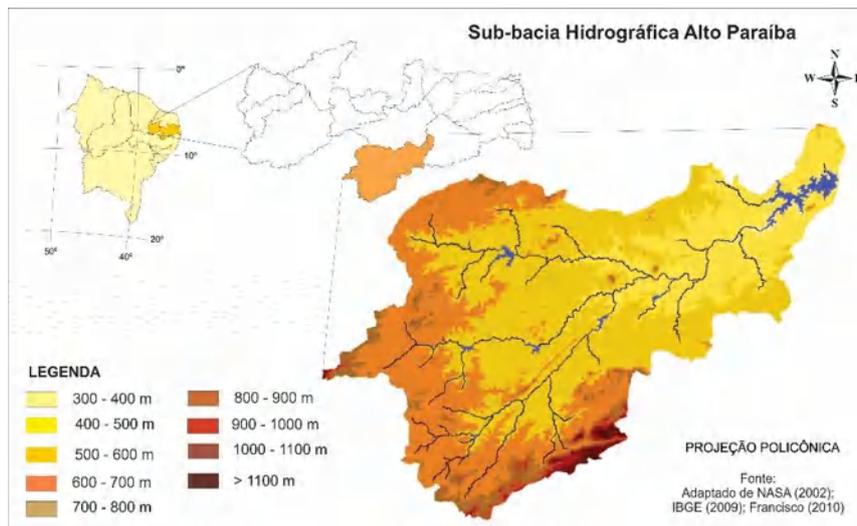


Figura 1. Localização da área de estudo. Fonte: Adaptado de Francisco (2013).

De acordo com a classificação de Köppen o clima da área de estudo é considerado do tipo Bsh – Semiárido quente, precipitação predominantemente, abaixo de 600 mm.ano<sup>-1</sup>, e temperatura mais baixa, devido ao efeito da altitude (400 a 700 m). As chuvas da região sofrem influência das massas Atlânticas de sudeste e do Norte (FRANCISCO, 2010). A vegetação representativa da área de estudo é do

tipo caatinga hiperxerófila, de acordo com Sousa et al. (2007).

Os solos predominantes na área de estudo (Figura 2), conforme PARAÍBA (1978), são os Aluviais Eutróficos que ocorrem ao longo das calhas dos rios; os Brunos Não Cálculos e os solos Litólicos Eutróficos, distribuídos por toda a área da bacia, como também os Vertisols, com maior ocorrência no terço inferior da bacia, mais próximos ao Açude Epitácio Pessoa.

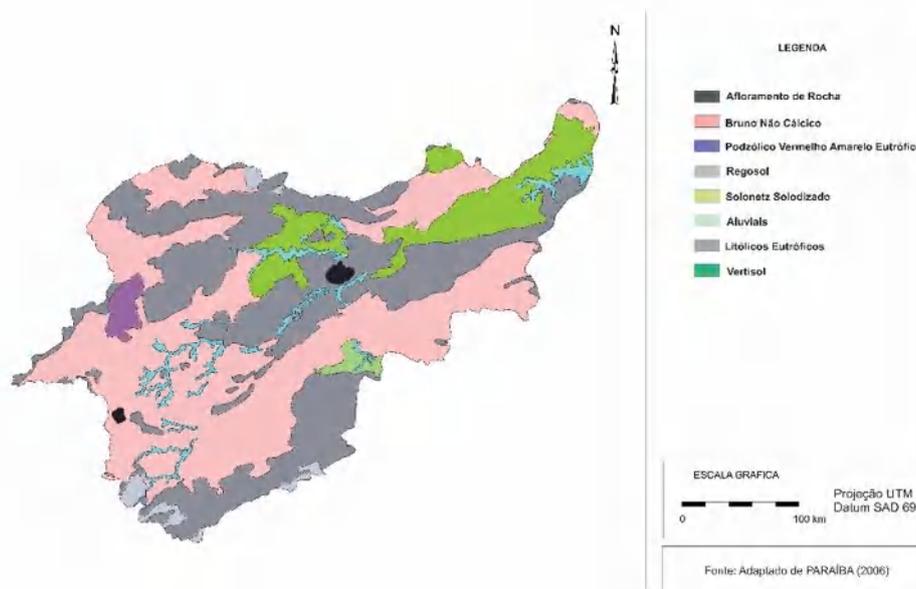


Figura 2. Classes de solos da área de estudo. Fonte: Francisco et al. (2019).

Na metodologia deste trabalho foi utilizado dados de precipitação obtido na Agência Executiva de Gestão das Águas (AESAs) com 103 anos de observação entre 1911 e 2014. A classificação das erosividade foi realizada de acordo com critérios descritivos por Cassol et al.

(2007), onde são consideradas chuvas erosivas aquelas igual ou superior a 10mm, ou igual ou superior a 6mm em um período máximo de 15 min.

A determinação do índice  $EI_{30}$ , que representa a erosividade foi dada pela Equação 1.

$$EI_{30} = ECT I_{30} \text{ (Eq.1)}$$

Em que:  $EI_{30}$  é o índice de erosividade da chuva erosiva individual ( $MJ \text{ mm ha}^{-1}h^{-1}$ );  $ECT$  é a

energia cinética total da chuva ( $MJ \text{ ha}^{-1}$ );  $I_{30}$  é a intensidade máxima média de precipitação em 30 min ( $mm \text{ h}^{-1}$ ).

Para o cálculo da erosividade da chuva foi adaptado à classificação adotada por Santos (2008), conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Classes de erosividade da chuva média anual e mensal

| Classe de erosividade | Valores de erosividade ( $MJ \text{ mm ha}^{-1} h^{-1}$ ) |                  |
|-----------------------|---|------------------|
|                       | Anual   | Mensal           |
| Muito baixa           | $R < 2500$  | $R < 250$        |
| Baixa                 | $2500 < R < 5000$   | $250 < R < 500$  |
| Média                 | $5000 < R < 7000$   | $500 < R < 700$  |
| Alta                  | $7000 < R < 10000$  | $700 < R < 1000$ |
| Muito alta            | $R > 10000$   | $R > 1000$       |

Fonte: Santos (2008).

Para o cálculo do fator R foi utilizado a média mensal e a média anual de acordo com a metodologia de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) e de acordo com a Equação 2.

$$EI = 67,355 \cdot (r^2/P)^{0,85} \text{ (Eq.2)}$$

Onde: EI = média mensal do índice de erosão; r = precipitação média mensal (mm); P = precipitação média anual (mm).

Para a elaboração dos mapas de distribuição da erosividade foi utilizado o programa Surfer 11 para o mapeamento utilizando o método da krigagem e cálculo das médias, medianas, máximas e mínimas, variância e desvio padrão.

## Resultados e Discussão

Pelos resultados obtidos, observa-se na Figura 3, no mapa de precipitação média anual, que a distribuição pluviométrica na região de estudo varia entre 330 a 1.030mm, com os menores valores localizados ao leste da bacia próximo ao município de Boqueirão e aumentando, gradativamente, até ao noroeste da bacia na região do município de Amparo. Observa-se que os meses de março a julho ocorrem os maiores índices pluviométricos, os menores índices estão concentrados nos meses de setembro a dezembro.

Os valores calculados de erosividade mensal (EI) e da Erosividade total (R) estão demonstrados na Tabela 2, na qual evidencia a variação das médias mensais históricas da precipitação e das avaliações dos índices de  $EI_{30}$  e do fator R.

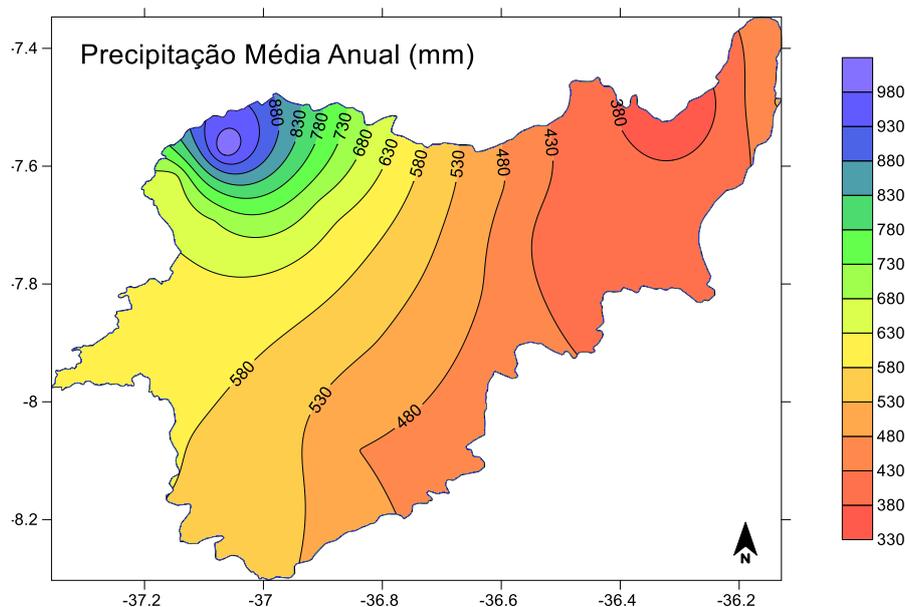


Figura 3. Mapa da precipitação média anual (mm) da bacia hidrográfica do Alto Paraíba.

Tabela 2. EI mensal ( $MJ\ mm\ ha^{-1}h^{-1}$ ), precipitação (P) (mm) e R ( $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$ ) da bacia

| Município                  | Jan  | Fev  | Mar   | Abr   | Mai  | Jun  | Jul  | Ago  | Set | Out | Nov | Dez  | P      | R     |
|----------------------------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|-----|-----|-----|------|--------|-------|
| Amparo                     | 21,2 | 42,9 | 87,9  | 106,5 | 79,6 | 26   | 65,7 | 23,9 | 7,9 | 2,2 | 2,6 | 6,6  | 1023,5 | 533,5 |
| Barra de São Miguel        | 15,4 | 37   | 75,9  | 78,3  | 25,2 | 40,6 | 14,6 | 3,4  | 1,1 | 0,8 | 0,3 | 4    | 424,6  | 281,9 |
| Boqueirão                  | 20,3 | 27,5 | 54,9  | 70,6  | 29,5 | 28,4 | 30,9 | 8,1  | 2,5 | 0,6 | 1,5 | 3,2  | 484,2  | 290,1 |
| Cabaceiras                 | 9    | 26,2 | 44,3  | 53,4  | 28,2 | 14,1 | 23,1 | 4,6  | 0,6 | 0,4 | 0,5 | 2,1  | 332    | 220,7 |
| Camalaú                    | 27,6 | 52,4 | 112,2 | 89,3  | 38,6 | 13   | 10,1 | 2,3  | 0,8 | 1,2 | 1,6 | 5,2  | 538,3  | 355,3 |
| Caraúbas                   | 13   | 36,5 | 114,2 | 73,6  | 26,8 | 16,2 | 5,6  | 0,8  | 0,1 | 0,8 | 1   | 5,1  | 389    | 290,5 |
| Congo                      | 21,5 | 43,8 | 128,4 | 87,4  | 47,8 | 20,3 | 5,4  | 0,3  | 0   | 0,2 | 0,5 | 8,2  | 496,4  | 359,8 |
| Coxixola                   | 25,3 | 39,3 | 104,6 | 93,4  | 27,4 | 21,8 | 12,3 | 2,2  | 0,5 | 1   | 0,2 | 5,5  | 488,7  | 332   |
| Monteiro                   | 25,8 | 50,4 | 118,5 | 87,1  | 52,7 | 18,5 | 10,5 | 2,7  | 0,7 | 2,2 | 2,4 | 7,9  | 610,4  | 382,6 |
| Ouro Velho                 | 22,2 | 67,4 | 140,2 | 133,4 | 38,9 | 16   | 12,3 | 2,5  | 0,5 | 0,4 | 0,8 | 6,4  | 655    | 443,6 |
| Prata                      | 31,9 | 77,6 | 148   | 115   | 42,6 | 17,5 | 8,6  | 2    | 0,3 | 1   | 1,4 | 6,9  | 675,1  | 451,3 |
| São Domingos do Cariri     | 9,9  | 38,1 | 87,7  | 99,7  | 24,3 | 16,3 | 13,7 | 2    | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 2,4  | 409,6  | 296,8 |
| São João do Cariri         | 15,1 | 43,9 | 101,1 | 74,1  | 33,6 | 13,9 | 9    | 2,2  | 0,3 | 1   | 1   | 3,8  | 433,8  | 301,4 |
| São João do Tigre          | 20,4 | 40,5 | 117,7 | 93,6  | 26,1 | 10,6 | 6,6  | 1,2  | 0,4 | 1,1 | 2,5 | 8,5  | 480,7  | 332,5 |
| São Sebastião do Umbuzeiro | 33   | 55,8 | 126,9 | 85,6  | 32,3 | 16,6 | 6    | 1    | 1   | 2   | 4,9 | 11,9 | 571,5  | 370,8 |
| Serra Branca               | 22,4 | 51   | 115,6 | 91,9  | 29,7 | 16,4 | 8,6  | 2,8  | 0,6 | 0,6 | 0,8 | 8,2  | 516,4  | 348,7 |
| Sumé                       | 35,8 | 54,8 | 135,3 | 96,3  | 47,5 | 37   | 12,9 | 2,7  | 0,7 | 0,2 | 0,1 | 4,2  | 652,4  | 427,6 |

Pelos resultados obtidos (Tabela 2) evidencia-se maior índice de erosividade no município de Amparo, para o período estudado, assim sendo, constata-se maior taxa erosiva da chuva. Observa-se também, que no histórico, a média mensal do fator R é maior que os outros municípios da bacia em estudo.

Observa-se que, entre os meses de agosto a dezembro, ocorre um decréscimo no índice de erosividade ( $EI_{30}$ ) isto devido provavelmente ao clima da região semiárida.

Juntamente com o município de Cabaceiras, Caraúbas apresenta o menor valor do  $EI_{30}$ . Em Cabaceiras a média mensal do índice de erosividade histórica do período estudado é de 9 a 53,4mm.

Na Figura 4 apresenta-se os mapas mensais da erosividade ( $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$ ) da bacia hidrográfica onde observa-se grande variabilidade mensal e geográfica da variável estudada.

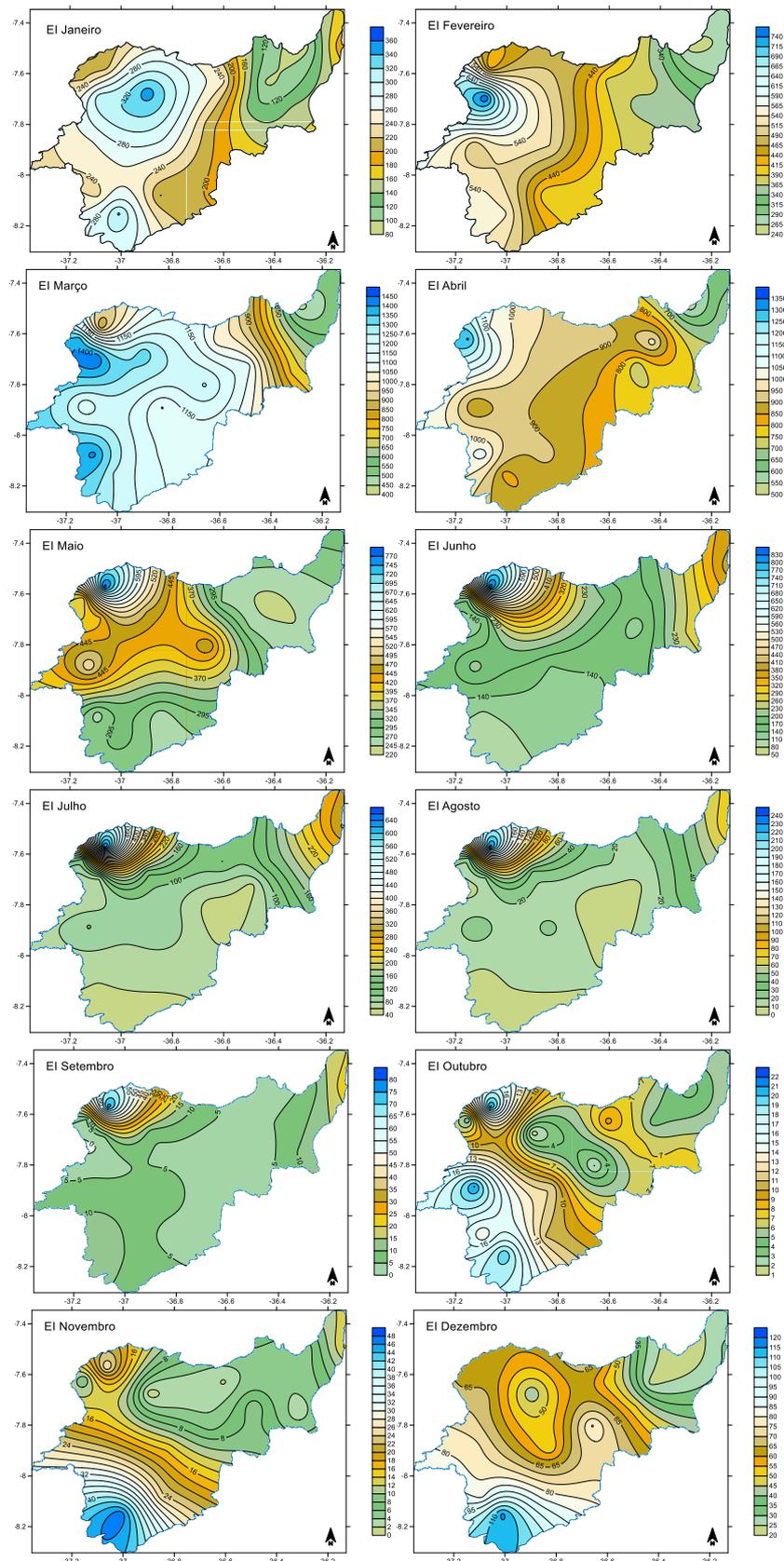


Figura 4. Mapas mensais da erosividade ( $\text{MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ ) da bacia hidrográfica.

Observa-se que os meses de março a julho ocorrem os maiores índices pluviométricos, os menores índices estão concentrados nos meses de setembro a dezembro, resultado similar ao estudo de

Medeiros et al. (2012). Resultados também de acordo com Medeiros et al. (2015) onde o mês de março para região do Cariri/Curimataú, destaca-se como os de maiores incidências de precipitações.

Amaral et al. (2014) observaram que, os maiores valores de erosividade ocorreram entre os meses de março a julho, resultado similar a este estudo, e que os menores valores entre os meses de agosto a janeiro. Os autores ainda complementam que esses resultados podem ser atribuídos a variação dos valores mensais de precipitação, que são influenciados por características distintas da chuva, como diferentes intensidades de chuva na região que determina grandes variações na erosividade.

Pelos resultados obtidos evidencia-se maior índice de erosividade no município de Amparo, para o período estudado, assim sendo, constata-se maior taxa erosiva da chuva. Observa-se também, que no histórico, a média mensal do fator R é maior que os outros municípios da bacia em estudo.

Observa-se que, entre os meses de agosto a dezembro, ocorre um decréscimo no índice de erosividade ( $EI_{30}$ ) isto devido provavelmente ao clima da região semiárida. Juntamente com o município de Cabaceiras, Caraúbas apresenta o menor valor do  $EI_{30}$ . Em Cabeceiras a média mensal do índice de erosividade histórica do período estudado é de 9 a 53.4mm. Resultados similares encontrados por Silva et al. (2012), onde observaram que os

meses de agosto a dezembro são os que apresentaram as menores avaliações de erosividade.

Amaral et al. (2014) observaram que, os maiores valores de precipitação e coeficiente de chuva ocorreram entre fevereiro a abril, e os menores, em setembro, outubro e novembro, para precipitação e para coeficiente de chuva, respectivamente, e que essa distribuição difere quando comparada à distribuição dos valores da erosividade, que apresenta os valores máximos em fevereiro, março e abril e os mínimos em setembro, outubro e novembro, mostrando que a erosividade é dependente da intensidade da chuva.

Observa-se que os índices de erosividade elevados ocorrem simultaneamente nos meses de março e abril, em todas os municípios estudados da bacia (Figura 5). Os municípios de Prata, Ouro Velho, e Amparo, apresentam as maiores taxas de erosividade com 115; 113,5 e 106,5mm respectivamente. Analisando a Tabela 2 evidencia-se que, o mês de março apresenta-se com o mais elevado nível de erosividade de todo o período estudado. Verifica-se uma queda do  $EI_{30}$  nos meses de julho até o mês de dezembro, em razão do clima da região.

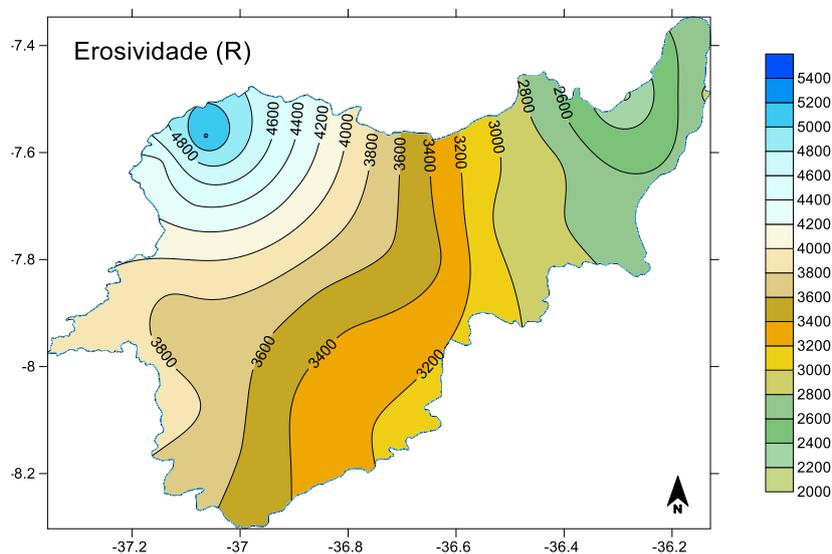


Figura 5. Mapa de erosividade anual ( $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$ ) da bacia hidrográfica do alto curso do rio Paraíba.

Alves e Azevedo (2013) estimando a erosividade das chuvas na bacia do riacho Namorado, no município de São João do Cariri, observaram que os maiores valores de erosividade para a série analisada foram nos meses de fevereiro, março e abril, coincidindo com os elevados valores precipitados.

Analisando a Tabela 2 evidencia-se que, o mês de março apresenta-se com o mais elevado nível de erosividade de todo o período estudado. Verifica-se uma queda do  $EI_{30}$  nos meses de julho até o mês de dezembro, em razão do clima da região. Para Amaral et al. (2014) percebe-se que os valores de erosividade

seguem a mesma tendência da precipitação, o que era esperado também neste trabalho.

Medeiros et al. (2015) observaram que na região do Cariri/Curimataú para os meses de julho a dezembro as menores incidências erosivas fluíram entre 7,7 a 155,7 MJ mm.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. Resultados similar a este estudo.

Na Tabela 3, tem-se as variabilidades estatísticas dos parâmetros médios da erosividade da bacia hidrográfica onde observa-

se que, as oscilações da erosividade mínima mensal fluem entre 0,41 e 522,84 mm.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> com uma média anual de 2.161,39 mm.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, a erosividade máxima oscila entre 21,24 e 1.446,68 mm.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> e sua média é de 5.218,57 mm.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, a erosividade média apresenta uma flutuação entre 10,15 e 1.068,68 mm.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> e sua média é de 3.477,57 mm.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>.

Tabela 3. Variabilidade estatística dos parâmetros de erosividade da bacia

| Mês       | Variabilidade dos parâmetros (mm.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> ) |          |          |          |               |            |                        |
|-----------|--|----------|----------|----------|---------------|------------|------------------------|
|           | Mínimo   | Mediana  | Máxima   | Média    | Desvio Padrão | Variância  | Coefficiente Variância |
| Janeiro   | 88,20  | 207,63   | 350,30   | 212,92   | 52,06         | 2.710,94   | 0,244                  |
| Fevereiro | 256,61   | 445,93   | 758,50   | 449,83   | 96,97         | 9.405,07   | 0,215                  |
| Março     | 433,66   | 1.112,72 | 1.446,68 | 1.068,68 | 221,81        | 49.202,27  | 0,207                  |
| Abril     | 522,84   | 876,70   | 1.304,17 | 888,09   | 145,91        | 21.290,87  | 0,164                  |
| Mai       | 237,90   | 306,81   | 778,09   | 352,51   | 107,25        | 11.503,20  | 0,304                  |
| Junho     | 94,94  | 179,95   | 845,05   | 228,24   | 133,33        | 17.778,40  | 0,584                  |
| Julho     | 52,23  | 93,77    | 642,57   | 137,90   | 105,25        | 11.077,87  | 0,763                  |
| Agosto    | 3,14   | 19,19    | 233,89   | 35,27    | 39,70         | 1.576,38   | 1,125                  |
| Setembro  | 0,41   | 7,57     | 77,39    | 11,61    | 12,38         | 153,39     | 0,000                  |
| Outubro   | 1,56   | 9,06     | 21,24    | 10,15    | 4,17          | 17,42      | 0,412                  |
| Novembro  | 1,11   | 14,57    | 47,47    | 16,87    | 11,08         | 122,77     | 0,653                  |
| Dezembro  | 20,13  | 65,74    | 116,13   | 65,45    | 20,27         | 411,12     | 0,309                  |
| Anual     | 2.161,39   | 3.390,25 | 5.218,57 | 3.477,57 | 639,96        | 409.549,78 | 0,184                  |

A mediana apresenta um comportamento análogo ao da erosividade média, exceto para os meses de maio a setembro, e as maiores flutuações do desvio padrão ocorrem nos meses de março a julho. Estatisticamente, os coeficientes de variâncias apresentam índices expressivos de mudanças mensais, quanto ao parâmetro variância, as suas flutuações mensais apresentam valores com altas significâncias de ocorrências mensais.

Os resultados demonstram uma forte correlação entre o total precipitado no ano hidrológico e os valores de erosividade da chuva. No município de Monteiro, verifica-se uma variação do EI30 de 0,7 a 118,5mm, com precipitação média anual atingindo 610,4mm.

Alves e Azevedo (2013) identificaram que os índices de erosividade foram praticamente nulos nos meses que correspondem as estações da primavera e os de início do verão na bacia do riacho dos Namorados localizado no município de São João do Cariri, devido à baixa quantidade de chuva registrada no período.

Francisco et al. (2019) observaram que, a erosividade média anual da chuva na bacia, apresentou-se predominantemente baixa, em

75,2% da área, em que os valores variaram entre 2.000 a 4.000 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, ocorrendo longitudinalmente ao longo da bacia; valores médios variando de 4.000 a 6.000 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> ocorrem em 20,7% da área, associados a localidades com maiores volumes de precipitação. E em apenas em 4,1% da área a erosividade foi muito baixa, ocorrendo em áreas limítrofes elevadas e/ou com baixa muito precipitação. Observaram também que a distribuição dessas áreas mais planas está associada, predominantemente, aos solos Luvisolos Crômicos órtico, que ocorrem nas áreas interiores, nos interflúvios das principais drenagens da bacia.

Silva et al. (2012) estimando valores para o município de Cabaceiras, área inclusa neste estudo, afirmam que o fator R da área em estudo foi de 9.471,3 MJ mm ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Os maiores índices de erosividade foram encontrados no período de abril (507,1 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>) coincidindo com o mês mais chuvoso (60,2mm). Os menores índices de erosividade foram encontrados no período de outubro (3,9 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>) sendo este o mês de menor precipitação (3,9mm). A área de estudo é considerada de moderada a alta

Erosividade.

Os valores de erosividade média obtidos neste estudo são semelhantes aos estudados, de Amaral et al. (2014), Nascimento e Chaves (1996), em parte da mesorregião do Agreste, no qual obtiveram valores entre 2.500 e 4.800 MJ.mm/ha/h/ano. Para o município de Sumé, Albuquerque et al. (2002; 2005) onde analisaram parâmetros erosividade da chuva, com as perdas de solo de um Luvissole crômico, e obtiveram valores médio de 4.928 MJ.mm/ha/h/ano.

### Conclusão

Pelos resultados obtidos concluiu-se que o uso de geotecnologias permitiu prognosticar e mapear a erosividade das terras da bacia hidrográfica em estudo com rapidez e agilidade.

Identificou-se que a distribuição média anual do fator erosividade da chuva foi de 3.477,57 mm.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>.

O Desvio padrão do parâmetro erosividade EI<sub>30</sub> médio mensal apresentou valores de 639,96 mm.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, e o coeficiente de variância apresentou valores de 0,184.

### Referências

ALBUQUERQUE, A. W.; LOMBARDI NETO, F.; SRINIVASAN, V. S.; SANTOS, J. R. Manejo da cobertura do solo e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.6, n.1, p.136-141, 2002.

ALBUQUERQUE, A. W.; MOURA FILHO, G.; SANTOS, J. R.; COSTA, J. P. V.; SOUZA, J. L. Determinação de fatores da Equação Universal de Perda de Solo nas condições de Sumé, PB. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, n.2, p.180-188, 2005.

ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P. V. DE. Estimativa da erosividade das chuvas na bacia do riacho Namorado, no município de São João do Cariri (PB). *Ambiência Guarapuava*, v.9, n.1, p.3-23, 2013.

AMARAL, B. S. D. DO; DANTAS, J. C.; SILVA, R. M. DA; CARVALHO NETO, J. F. DE. Variabilidade espacial da erosividade das chuvas no Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.7, n.4, p.691-701, 2014.

AMORE, E.; MODICA, C.; NEARING, M. A.; SANTORO, V. C. Scale effect in USLE and WEPP application for soil erosion computation from three Sicilian basins. *Journal of Hydrology*, v.293, p.100-114, 2004.

AMORIM, R. S. S.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; MATOS, A. T. Avaliação do desempenho dos modelos de predição da erosão hídrica USLE, RUSLE e WEPP para diferentes condições edafoclimáticas do Brasil. *Engenharia Agrícola*, v.30, p.1046-1049, 2010.

ASHIAGBOR, G.; FORKUO, E. K.; LAARI, P.; AABEYIR, R. Modeling Soil Erosion Using RUSLE and GIS Tools. *International Journal of Remote Sensing & Geoscience*, v.2, p.7-17, 2013.

BARROS, E. N. S.; VIOLA, M. R.; RODRIGUES, J. A. M.; MELLO, C. R.; AVANZI, J. C.; GIONGO, M. Modelagem da erosão hídrica nas bacias hidrográficas dos rios Lontra e Manoel Alves Pequeno, Tocantins. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.13, e5509, 2018.

BELASRI, A.; LAKHOUILI, A. Estimation of soil erosion risk Using the Universal Soil Loss Equation (USLE) and geo-information technology in Oued el Makhazine watershed, Morocco. *Journal of Geographic Information System*, v.8, n.1, p.98-107, 2016.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.L. (2005) *Conservação do solo*. 5 ed. São Paulo: Ed. Ícone. 355p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. 7.ed. São Paulo, Ícone, 2010. 355p.

CASSOL, E. A.; MARTINS, D.; ELTZ, F. L. F.; LIMA, V. S. de; BUENO, A. C. Erosividade e padrões hidrológicos das chuvas de Ijuí (RS) no período de 1963 a 1993. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.15, n.3, p.220-231, 2007.

DÉCHEN, S. C. F.; TELLES, T. S.; GUIMARÃES, M. F.; MARIA, I. C. Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo. *Bragantia*, v.74, p.224-233, 2015.

FRANCISCO, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. 122f. Dissertação (Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.

FRANCISCO, P. R. M. Modelo de mapeamento da deterioração do Bioma Caatinga da bacia hidrográfica do Rio Taperoá, PB. 97f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2013.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; OLIVEIRA, F. P. DE; SANTOS, D.; BARRETO, H. T. S. Vulnerabilidade dos solos à desertificação na bacia do Alto Rio Paraíba. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 6, 2019, Palmas. Anais...Palmas, 2019.

- FRANCISCO, P. R. M.; PEDROZA, J. P.; BANDEIRA, M. M.; SILVA, L. L. DA; SANTOS, D. Mapeamento da insolação do estado da Paraíba utilizando krigagem. *Revista de Geografia*, v.33, n.1, p.248-262, 2016.
- GIANEZINI, M.; SALDÍAS, R.; CEOLIN, A. C.; BRANDÃO, F. S.; DIAS, E. A.; RUVIARO, C. F. Geotecnologia aplicada ao agronegócio: conceitos, pesquisa e oferta. *Revista Economia & Tecnologia*, v.8, n.2, p.167-174, 2012.
- JAKOB, A. A. E. A krigagem como método de análise de dados demográficos. In: Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais, 13, 2002, Ouro Preto. Anais...Ouro Preto, 2002.
- KINNELL, P. I. A. Event soil loss, runoff and the Universal Soil Loss Equation family of models: A review. *Journal of Hydrology*, v.385, n.1, p.384-397, 2010.
- LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Rainfall erosivity - its distribution and relationship with soil loss at Campinas, state of São Paulo, Brazil. *Bragantia*, v.51, p.189-196, 1992.
- MEDEIROS, R. M. DE; FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. Balanço hídrico e erosividade em função das mudanças climáticas no estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.8, n.4, p.1068-1084, 2015.
- MEDEIROS, R. M. DE; FRANCISCO, P. R. M.; SOUSA, F. DE A. S. DE; SANTOS, L. J. V. DOS. Estimativa da erosividade da chuva no período de 1930-2010 no município de Bananeiras-PB como contribuição a agropecuária. In: Jornada Nacional da Agroindústria, 5, 2012, Bananeiras. Anais...Bananeiras, 2012.
- NASCIMENTO, C. W. A.; CHAVES, I. B. Erosividade e características da chuva Correlacionadas com perdas de solo em Alagoinha-PB. *Ciência Rural*, v.26, n.3, p.407-412, 1996.
- PANAGOS, P.; BALLBIO, C.; BORRELLI, P.; MEUSBURGUER, K.; KLIK, A.; ROUSSEVA, S.; TADIC, M. P.; MICHAELIDES, S.; HRABALÍKOVA, M.; OLSEN, P.; AALTO, P. O.; LAKATOS, M.; RYMSZEWICZ, A.; DUITRESCU, A.; BERGUERÍA, S.; ALEWELL, C. Rainfall Erosivity in Europe. *Science of The Total Environment*, v.511, p.801-814, 2015.
- PARAÍBA. Governo do Estado da Paraíba. Secretaria de Agricultura e Abastecimento – CEPA-PB. Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba. Relatório. UFPB-ELC. Dez, 1978. 448p.
- ROQUE, C. G.; CARVALHO, M. P.; PRADO, R. M. Fator erosividade da chuva de Piraju (SP): Distribuição, probabilidade de ocorrência, período de retorno e correlação com o coeficiente de chuva. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.25, p.147-156, 2001.
- SÁ, T. F. F. DE; COSTA FILHO, J. F. DA; FRANCISCO, P. R. M.; BRAGA JUNIOR, J. M. Sistema de informações geográficas (SIG) para a gestão ambiental de bacias hidrográficas. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 3, 2010, Recife. Anais... Recife, 2010.
- SÁ, T. F. F. DE; FRANCISCO, P. R. M.; COSTA FILHO, J. F. DA. Bacias hidrográficas e gestão ambiental integrada através de SIG. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 8, 2012, Campina Grande. Anais...Campina Grande, 2012.
- SANTOS, C. N. El Niño, La Niña e a erosividade das chuvas no Estado do Rio Grande do Sul. Tese. (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Agronomia. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2008.
- SILVA, V. M. DE A.; MEDEIROS, R. M. DE; FRANCISCO, P. R. M.; TAVARES, A. L.; PATRÍCIO, M. DA C. M.; BORGES, C. K. Avaliação do índice da erosividade da chuva no município de Cabaceiras visando à captação pluvial. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 8, 2012, Campina Grande. Anais...Campina Grande, 2012.
- SOUSA, R. F. DE; BARBOSA, M. P.; SOUSA JÚNIOR, S. P. DE; TERCEIRO NETO, C. P. C.; MORAIS NETO, J. M. Estudo da degradação de terras do município de Boa Vista-Paraíba. *Revista Engenharia Ambiental*, v.4, n.2, p.5-13, 2007.
- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington, USDA, 1978. 58p. (Agriculture Handbook, 537).

## Capítulo VI

# **ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: EXPECTATIVA E SATISFAÇÃO DO PROFISSIONAL**

**Maria Cristina da Silva**

*Graduanda em Engenharia de Produção, Centro Universitário Unihorizontes, Belo Horizonte,  
mariacristinasilva1377@gmail.com  
 <http://lattes.cnpq.br/7640143356198302>*

**Caissa Veloso e Sousa**

*Prof.a Dra. Centro Universitário Unihorizontes, Belo Horizonte,  
caissa.sousa@unihorizontes.br  
 <https://orcid.org/0000-0003-1844-8308>*

## Introdução

As constantes mudanças no cenário político, tecnológico, econômico e social submetem empresas a se adaptarem às exigências na esfera organizacional. Isto requer das organizações a necessidade de introdução de profissionais com idôneo potencial analítico e percepção acurada das relações humanas e dos processos produtivos. Em resposta às necessidades inerentes do cenário industrial, surge neste âmbito a Engenharia de Produção, reconhecida por desenvolver habilidades multidisciplinares, análise das interdependências dos sistemas fabris e facilidade de atuação em problemas que englobam a organização (PILZ et al., 2018).

Ao comparar a Engenharia de Produção às demais engenharias, ela é considerada uma das mais recentes, e sua origem se deu na chamada Engenharia Industrial, quando Frederick W. Taylor e os casais Frank e Lillian Gilbreth, Henry Gantt e Harrington Emerson realizaram estudos sobre o aumento da produtividade e métodos de redução de tempos e movimentos dos operários na fabricação de peças por volta do final do século XIX e meados do século XX (FAÉ & RIBEIRO, 2005).

A organização e administração dos recursos na produção de bens e serviços são indispensáveis para o sucesso de qualquer empresa. Nesse contexto, destaca-se a relação homem-máquina cada vez mais presente dentro das organizações. Furlanetto (2006) enfatiza que especial atenção deve ser dada ao homem enquanto participante do processo de produção e enquanto futuro usuário ou proprietário do bem ou serviço produzido. Assim, altera-se a perspectiva sobre a habilidade esperada da mão-de-obra em termos mundiais, o que vem impactando cada vez mais na realidade e no papel do engenheiro de Produção. Segundo Fleury e Fleury (2008), diferente das outras especializações, o engenheiro de produção precisa entender como estruturar um sistema de produção que utiliza conjuntamente materiais, equipamentos, informações, energia e pessoas.

De acordo com Oliveira (2006), o Engenheiro de produção é o profissional que melhor atende às organizações em termos de articulação de suas funções clássicas, isto é, mercado, finanças, pessoas e produção, uma vez que alia conhecimentos típicos de engenharia como a solução de problemas complexos com o

conhecimento tecnológico, o de administração e o sistêmico.

A Engenharia de Produção, conforme a resolução nº 235, de 09 de outubro de 1975, encontra-se na relação de profissões reconhecidas pelo Conselho Federal de Engenharia e Agronomia. O CONFEA e os Conselhos Regionais CREA's são autarquias que surgiram a partir do Decreto nº 23.569, de 11 de dezembro de 1933, e são responsáveis pela verificação, fiscalização e aperfeiçoamento do exercício e das atividades destas profissões, possuindo hoje 214 títulos profissionais, nos níveis tecnólogo e superior dentre estes do profissional Engenheiro de Produção (CONFEA, 2002).

A concessão do registro, título e atribuições profissionais em engenharia de produção no sistema CONFEA/CREA é recente. Os profissionais engenheiros de produção passaram a ser registrados no sistema CONFEA/CREA no ano de 1975, integrando a categoria de engenharia na modalidade industrial. O título profissional dos engenheiros de produção e suas atribuições foram designadas em 1983 conforme documentos e resolução normativa interna aprovada em reunião plenária deliberativa (CONFEA, 1983).

Na modalidade de graduação a oferta do curso de engenharia de produção é relativamente recente. As primeiras instituições a implantar o curso nesta modalidade foram a Universidade de São Paulo (USP) e a Universidade do Rio de Janeiro (UFRJ), entre os anos de 1970 e 1972 (LEME, 1983).

A oferta dos cursos no país vem apresentando um crescimento exponencial. Esse crescimento se tornou mais acentuado a partir de 1997, saltando de 38 para 200 cursos em 2005, com um crescimento médio de aproximadamente 20 cursos por ano (OLIVEIRA et al., 2005). Entre 1998 e 2002 foi constatado um aumento em mais de 50% (FAÉ & RIBEIRO, 2004).

A primeira instituição de ensino superior do Brasil a oferecer o curso de Engenharia de Produção na modalidade de pós-graduação ou ênfase em graduação em outras engenharias foi a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), unidade da Universidade de São Paulo (USP), no ano de 1957, com a coordenação do professor Ruy Aguiar da Silva Leme (FAÉ & RIBEIRO, 2004).

O gerenciamento dos processos produtivos objetivando a otimização de

resultados é uma das principais atribuições do Engenheiro de Produção. Tal atividade geralmente envolve o foco no aumento da produtividade e a redução de custos excessivos ou desnecessários para as empresas (TELLES, 2014).

As possibilidades de atuação do Engenheiro de Produção são amplas, o profissional pode trabalhar em diferentes áreas de uma organização como finanças, produção, recursos humanos, marketing ou desenvolvimento do produto, uma vez que possui formação multidisciplinar e visão sistêmica, o que explica em partes o crescimento vertiginoso do número de cursos no país. (FURLANETTO, 2006).

Diante disso questiona-se quais são as expectativas e qual a satisfação dos profissionais engenheiros de produção com a profissão? Portanto, o objetivo deste trabalho consiste em avaliar o panorama da engenharia de produção no tocante à expectativa e satisfação do profissional engenheiro de produção com a profissão e analisar a área de atuação no mercado de trabalho.

## Material e Métodos

Por esta metodologia foi realizada pesquisa descritiva de natureza qualitativa, em relação a profissionais engenheiros de produção. Buscou-se identificar e analisar as expectativas e satisfação no tocante à profissão, tendo como entrevistados 10 engenheiros registrados no Sistema CONFEA/CREA que foram selecionados pelo critério de acessibilidade de acordo com a metodologia de Hair Júnior et al. (2005).

O número de entrevistados não foi definido a priori, sendo utilizado o critério de saturação dos dados, que ocorre quando novas entrevistas não trazem informações relevantes, totalizando-se 10 entrevistados que atenderam aos critérios para seleção. Para assegurar o anonimato, os entrevistados foram identificados como E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10 referindo-se ao número e a sequência que os participantes foram entrevistados.

Para a coleta de dados optou-se por um roteiro semiestruturado elaborado a partir dos construtos (Tabela 1).

Tabela 1. Panorama da pesquisa

| Construto                  | Variável   |
|----------------------------|--|
| Expectativa ao formar      | Em qual ano você formou?   |
|                            | Por que você escolheu cursar Engenharia de Produção?   |
|                            | Você cursou ou pretende cursar Pós-Graduação?  |
| Satisfação com a profissão | Você está trabalhando como Engenheiro (a) de Produção?   |
|                            | Você está satisfeito (a) em trabalhar como engenheiro (a) de Produção?                                     |
|                            | Como você define a profissão de Engenheiro (a) de Produção?  |
| Área de atuação            | Qual serviço você desenvolve como engenheiro (a) de Produção?  |
|                            | Em qual segmento da Engenharia de Produção você está atuando?  |
|                            | Após ter se formado em quanto tempo você ingressou no mercado de trabalho como Engenheiro (a) de Produção? |

As entrevistas tiveram duração média de 10 minutos e foram gravadas para posterior transcrição e análise dos dados. Mediante dados coletados e observados durante as entrevistas foi realizada a análise de conteúdo, utilizando a metodologia de Bardin (2006) que busca trazer a pesquisa um concreto e operacional método de investigação, tendo como objetivo interpretá-los.

Após as entrevistas foi realizada uma análise quantitativa dos dados dos engenheiros

de produção no CREA do Estado de Minas Gerais.

## Resultados e Discussão

Através da Tabela 2 pode-se observar os dados pessoais dos entrevistados. Observa-se que os entrevistados possuem entre 24 a 49 anos, sendo 8 homens e 2 mulheres. Quanto ao Estado de moradia, 8 profissionais são residentes em Minas Gerais, 1 profissional reside no Estado do Rio de Janeiro, e 1 profissional no Estado do Pará.

Tabela 2. Dados dos entrevistados

| Dados         | Participantes |              |                |              |              |              |              |              |      |              |              |
|---------------|---------------|--------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------|--------------|--------------|
|               | Pessoais      | E1           | E2             | E3           | E4           | E5           | E6           | E7           | E8   | E9           | E10          |
| <b>Idade</b>  |               | 31           | 36             | 49           | 37           | 27           | 27           | 24           | 43   | 32           | 34           |
| <b>Sexo</b>   |               | Ma           | M              | M            | F            | F            | M            | M            | M    | M            | M            |
| <b>Estado</b> |               | Minas Gerais | Rio de Janeiro | Minas Gerais | Pará | Minas Gerais | Minas Gerais |

Sobre a formação acadêmica os entrevistados formaram-se no período de 2007 a 2020 (Tabela 3), sendo que destes, 9 profissionais engenheiros de produção cursaram pós-graduação e 1 recém-formado pretende cursar após decidir qual a área. Os cursos de pós-graduação relacionados pelos

entrevistados são mestrado e MBA em gestão de projetos, finanças e controladoria, segurança do trabalho, consultoria e planejamento empresarial, metalurgia e fabricação, data Science e doutorado em Engenharia de produção.

Tabela 3. Expectativa ao formar

| Entrevistados | Expectativa ao Formar   |                   |  |   |
|---------------|---|-------------------|--|---|
|               | Expectativa do curso antes de iniciá-lo   | Ano que se formou | Por que decidiu fazer o curso  | Pós-Graduação   |
| <b>E1</b>     | Aprender mais na área de planejamento controle e produção   | 2018              | Para aperfeiçoar na área e planejamento controle e processo produtivo  | Estou cursando gestão de projetos   |
| <b>E2</b>     | Vontade de atuar na área de engenharia econômica  | 2009              | Inspiração de um professor do 2º grau sobre possibilidade de atuar na área econômica   | Sim   |
| <b>E3</b>     | Notar conhecimento na área de controle gestão e operação e relacionamento comercial com clientes na CEMIG   | 2008              | Vi no curso conhecimento de análise de dados, planejamento e melhor processos no cenário da engenharia   | Sim   |
| <b>E4</b>     | Identifiquei o perfil de engenharia de mecânica no curso e melhor percepção de várias áreas   | 2007              | Porque é uma engenharia ampla. Pode atuar em várias áreas  | Sim   |
| <b>E5</b>     | Vi no curso uma visão voltada a engenharia de produto   | 2017              | Porque o meu padrasto é engenheiro   | Cursando a 4ª pós graduação   |
| <b>E6</b>     | Esperava conhecimentos de gestão e liderança de pessoas e projetos  | 2017              | Para ter uma base gerencial  | Estou cursando pós graduação data Science   |
| <b>E7</b>     | Esperava um curso com cálculo, que ensinasse gestão, planejamento, controle de produção, fluxo de projetos  | 2020              | Sempre tive afeição pela área de exatas  | Pretendo cursar. Vou decidir a área   |
| <b>E8</b>     | Formação acadêmica para fazer pós graduação e melhorar posicionamento na empresa que trabalho   | 2019              | Para conhecer o processo produtivo, processo administrativo e agregar conhecimento e aplicar na área de segurança do trabalho e propor melhoria  | Sim   |
| <b>E9</b>     | Que o curso dê preparação para trabalhar com gestor na indústria  | 2011              | Porque moro em uma cidade que é um polo industrial de móveis e para mim a engenharia de produção me prepararia para atuar como gestor na indústria e também na minha afinidade com cálculo | Sim   |
| <b>E10</b>    | Entender como os processos fabris eram estruturados e desenvolver minha capacidade analítica de consolidar cadeias e processos produtivos e trabalhar em uma fábrica e aplicar meus conhecimentos | 2010              | Devido aos meus skills relacionados com a área de exatas   | Sim. Cursei uma especialização <i>Latus</i> na área de processos metalúrgicos de fabricação |

Quando perguntado se cursou pós-graduação, um dos entrevistados respondeu que o mercado está exigente. Percebe-se que o profissional engenheiro de produção tende a se capacitar e especializar constantemente de acordo com a necessidade do mercado.

O entrevistado E5 frisa a constante necessidade de revisão de aprimoramento de habilidades e novos conhecimentos. De acordo com os relatos, o ato de estudar e manter-se atualizado é um desafio inovador para a qualidade e o diferencial na profissão de engenheiro de produção que atua de forma ampla, holística em um mercado competitivo. Fleury e Fleury (2008) afirmam que, o profissional de engenharia de produção se destaca por desenvolver competências e habilidades que possibilitam uma ampla atuação em diversos setores e áreas de uma organização.

Na dimensão expectativa ao se formar (Tabela 3), pode-se observar que, quando perguntados sobre porque decidiu fazer o curso de engenharia de produção, parte dos entrevistados responderam que viram no curso oportunidade de uma profissão ampla com atuação em várias áreas. Relatam que é uma profissão de conhecimento e atuação no mercado produtivo e empresarial com habilidades de planejamento, controle, gestão do setor produtivo, gestão administrativa econômica e de análise de dados.

Os entrevistados E7, E9 e E10 responderam que decidiram fazer engenharia de produção por ter afinidade e skills com área de exatas. A entrevistada E5 informou que optou pela engenharia de produção por influência de família e que seu padrasto é engenheiro, e o E9 decidiu cursar engenharia de produção por residir em um município com polo industrial do setor moveleiro com oportunidades de aprendizado e trabalho.

Quanto à expectativa ao cursar engenharia de produção antes de iniciar o curso, 2 entrevistados responderam que esperavam trabalhar como gestor em indústria entendendo como os processos fabris eram estruturados; 3 outros entrevistados gostariam de desenvolver capacidades de planejamento, gestão de fluxo

controle e produção; o E2 gostaria de atuar na área de engenharia econômica; o E4 identificou similaridade no curso de engenharia de produção com engenharia mecânica e considerou ser uma profissão ampla; o E5 desejava atuar na área de gestão de produto; o E6 esperava conhecimentos de gestão e liderança de pessoas e projetos; os entrevistados E3 e E8 gostariam de ter a formação acadêmica para adquirirem conhecimento e melhorarem posicionamento na empresa que trabalha.

Conforme a Tabela 4, ao ser questionado se o entrevistado está trabalhando como engenheiro de produção, 8 profissionais responderam que sim, 1 entrevistado recém-formado respondeu que não é, 1 entrevistado respondeu que já trabalhou por 5 anos, mas atualmente não plenamente pois está atuando especificamente na área técnica de engenharia de segurança do trabalho.

Na dimensão satisfação com a profissão ao questionar os entrevistados se os mesmos tinham alcançado o que desejavam com o curso de engenharia de produção pode-se observar na Tabela 4 que, 9 profissionais responderam que sim e somente o recém-formado não se considerou em condição de responder esta pergunta devido ao pouco tempo de conclusão do curso. Os entrevistados E1, E6, E8, E9, E10 responderam que sim porque começaram a trabalhar como engenheiro de produção. A E5 relatou que em relação ao curso de engenharia de produção, alcançou muito mais do que esperava devido a visão de liderança e atuação holística do curso. Afirmou ainda que, a engenharia de produção é ampla e capacita para entrar em qualquer indústria. A E3 respondeu que o curso abriu horizontes na área de gestão e assessoria. E a E4 respondeu como E5, que alcançou até mais do que pensava.

Ainda na dimensão satisfação observa-se que na pergunta “Se tivesse que escolher novamente, você escolheria cursar Engenharia de Produção? dos 10 entrevistados, 9 responderam que escolheriam. O entrevistado E9 relatou que não escolheria engenharia de produção devido à restrição de atribuição profissional. Faria outro curso de graduação.

Tabela 4. Quanto à satisfação

| Entrevistados | Satisfação  |   |   |  |  |  |
|---------------|---|---|---|--|--|--|
|               | Você acha que alcançou o que desejava com o curso?                                  | Se tivesse que escolher novamente, você escolheria Engenharia de Produção? Por que?   | Se tivesse que comparar a expectativa que você tinha antes de iniciar o curso e a sua trajetória profissional, o que diria?                   | Está trabalhando na área?  | Você está satisfeito(a) em trabalhar como engenheiro(a) de Produção? | Como define a profissão de engenheiro de produção?   |
| E1            | Sim   | Sim   | Satisfeito  | Sim  | Sim  | Como um médico da engenharia   |
| E2            | Sim   | Sim   | o curso surpreendeu positivamente do início ao concluir   | Sim  | Sim  | Engenharia necessária para valorizar as engenharias na gestão pública e resolver os problemas estruturais do país                      |
| E3            | Sim   | Sim   | A engenharia de profissão atendeu perfeitamente naquilo que foi escolhido.  | Sim  | Sim  | É a engenharia de futuro. Humaniza os processos executados em qualquer área e na área do chão de fábrica                               |
| E4            | Sim   | Escolheria. Identifiquei que pode atuar nas diversas áreas  | A minha expectativa foi além do que pensava.  | Sim  | Sim  | É um engenheiro que conhece um pouco de cada coisa. Não é especialista. Faz gestão em qualquer área. Qualquer negócio. Tem visão ampla |
| E5            | Muito mais do que esperava devido a visão de liderança e atuação holística do curso | Com certeza devido a visão holística e ampliada do negócio  | A engenharia de produção foi muito melhor para mim do que eu esperava porque faço planejamento de tudo. Coordenação de tudo, equipe, projeto. | Sim. Com segurança do trabalho   | Sim  | Profissão que precisa ter visão holística, liderança e visão sustentável do que é hoje e do futuro                                     |
| E6            | Sim   | Sim, mas como complemento de outro curso mais técnico. O curso é mais voltado para a área gerencial e falta mais conteúdo técnico | O curso funcionou bem para a expectativa.   | Sim  | Sim  | Administração com mais matemática  |
| E7            | Sou recém formado. Ainda é cedo para saber  | Sim. Escolheria. Gostei do curso  | Ainda não posso responder. Sou recém formado  | Não  | Não posso responder. Sou recém formado                               | Ainda não estou atuando na área  |
| E8            | Sim   | Sim. Faria da mesma forma. O curso dá uma base muito boa como gestor na avaliação de riscos, gráficos                             | A trajetória foi muito superior do que eu imaginava   | Sim  | Muito satisfeito   | Área ampla, que abre horizontes no processo gerencial na área de humanas, produtividade e outras áreas                                 |
| E9            | Sim   | Não escolheria engenharia de produção devido a restrição de atribuição profissional. Faria outro curso de graduação               | Quanto à gestão sim. Mas relativo à necessidade de atribuição profissional não  | Não  | Sim  | Profissão de muitos desafios. Valor inestimável  |
| E10           | Sim   | Escolheria  | Estou gerente, porém, como sou ambicioso eu gostaria de estar mais evoluído em relação ao meu posicionamento hoje                             | Trabalhei 5 anos como engenheiro de produção responsável técnico de área | Hoje sim   | Defino ela como um ciclo de melhoria continua. É um PDCA   |

A resposta de insatisfação do entrevistado E9 no universo de 10 entrevistas sobre a restrição técnica profissional do engenheiro de produção no mercado de trabalho desperta a atenção para a necessidade de análise e estudo a serem feitos pelo órgão federal de habilitação profissional, sistema CONFEA/CREA, tendo em vista que Faé e Ribeiro (2005) afirmam ser a engenharia de produção uma das engenharias mais recentes.

Na dimensão satisfação observa-se pela Tabela 4, comparando a expectativa que os entrevistados tinham antes de iniciar o curso de graduação e sua trajetória profissional como engenheiro de produção, E1 está satisfeito e está acreditando que a engenharia de produção vai auxiliá-lo a progredir mais na profissão fazendo o que gosta. O E2 respondeu que o curso surpreendeu positivamente do início à conclusão. E3 respondeu que a engenharia de profissão atendeu perfeitamente naquilo que foi escolhido. E4 respondeu que sua expectativa foi além do que pensava devido ao reconhecimento no mercado e poder atuar em várias áreas até em hospital. O E5 e E8 também avaliaram positivamente relativo à superação de expectativas. E7 relatou que ainda não pode responder por ser recém-formado. Nessa pergunta E9 responde que obteve satisfação com o curso relativo ao enfoque de gestão, mas que relativo à atribuição técnica profissional não está satisfeito.

O E10 apesar de já estar atuando na área como gerente responde que, devido a ser ambicioso gostaria de estar mais evoluído na carreira profissional além do que está hoje.

Analisando as respostas sobre satisfação em trabalhar como engenheiro de Produção, 9 entrevistados responderam que sim, estão satisfeitos. E9 respondeu positivamente fazendo menção ao período que trabalhou diretamente como engenheiro de produção plenamente. A ressalva foi a forma de contratação do profissional. O engenheiro de produção, segundo o entrevistado, pode ser contratado como analista e devido a esta condição não se considera satisfeito. 1 entrevistado não pôde responder por ser recém-formado e ainda não está atuando plenamente como engenheiro de produção.

A pergunta como você define a profissão de engenheiro de produção foi feita para possibilitar ao entrevistado descrever de forma espontânea e não diretamente sobre sua visão e satisfação sobre a engenharia de produção.

Somente um entrevistado não se sentiu capaz de definir a profissão engenheiro de produção e 9 entrevistados definiram com satisfação ao falar sobre o tema, dizendo sobre a maneira como a formação desenvolve competências profissionais de alta performance, a visão de melhoria, otimização e sistêmica de todos processos e áreas que envolvem uma organização. As entrevistas abaixo definem a visão sobre a engenharia de produção dos profissionais E1, E4, E3, E10 e E9.

Segundo a Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO, 2006), compete à Engenharia de Produção o projeto, a implantação, a operação, a melhoria e a manutenção de produtivos integrados de bens e serviços, envolvendo homens, materiais, tecnologia, informação e energia. Compete ainda à Engenharia de Produção, especificar, prever e avaliar os resultados obtidos destes sistemas para a sociedade e o meio ambiente, recorrendo a conhecimentos especializados da matemática, física, ciências humanas e sociais, conjuntamente com os princípios e métodos de análise e projeto de engenharia. O E6 definiu a Engenharia de produção como administração com mais matemática. Nesse sentido, a resposta do entrevistado pode ser confirmada sobre os conhecimentos matemáticos e de ciências exatas da profissão de Engenheiro de Produção.

Ainda sobre definição da profissão engenharia de produção o E2 descreve a engenharia de produção como uma profissão necessária para valorizar as engenharias na gestão pública e resolver problemas estruturais do país. Cunha (2007), afirma que produzir é mais que simplesmente utilizar conhecimento científico e tecnológico. É necessário integrar fatores de naturezas diversas, atentando para critérios de qualidade, eficiência, custos, etc. A Engenharia de Produção, ao voltar a sua ênfase para as dimensões do produto e do sistema produtivo, vincula-se fortemente com as ideias de projetar produtos, viabilizar produtos, projetar sistemas produtivos, viabilizar sistemas produtivos, planejar a produção, produzir e distribuir produtos que a sociedade valoriza. Essas atividades, tratadas em profundidade e de forma integrada pela Engenharia de Produção, são fundamentais para a elevação da competitividade do país.

Sobre o ingresso ao mercado de trabalho, a Tabela 5 demonstra que após ter formado, 2 entrevistados começaram a trabalhar antes mesmo de formar; E2 e E3

iniciaram 3 meses após conclusão do curso; E5 ingressou 6 meses no mercado; E7 não iniciou no mercado de trabalho ainda como engenheiro de produção e 3 entrevistados começaram a trabalhar com engenheiro de produção no período entre 1 ano e 1 ano e 3 meses. Observa-se que, somente o E7 ainda não ingressou no mercado de trabalho como engenheiro de

produção, e os dados demonstram boa característica de empregabilidade da profissão de Engenharia de Produção. Conforme Pilz (2018), a Engenharia de Produção é vista como uma área promissora para quem procura uma carreira que, além de benefícios financeiros, proporciona também qualidade de vida e satisfação pessoal.

Tabela 5. Área de atuação

| Área de atuação |   |  |  |
|-----------------|---|--|--|
| Entrevistados   | Qual serviço desenvolve como engenheiro de produção   | Em qual segmento da engenharia de produção está atuando  | Quanto tempo após formado ingressou no mercado de trabalho como engenheiro de produção |
| E1              | Consultoria, gestão empresarial, de projetos, equipes e de comunicação  | Gestão de projetos   | Comecei antes mesmo de formar  |
| E2              | Gestão de operações na área de educação   | Educação   | Imediatamente  |
| E3              | Consultoria e assessoria em projetos e processos na fabricação  | Fabricação de blocos e desenvolvimento de melhores processos na entrada e saída de blocos  | Imediatamente  |
| E4              | Planejamento. Inspeção. Educação  | Área de óleo e gás. Mineração. Construção civil  | 1 ano  |
| E5              | Gestão de equipe, planejamento de atuação e agendas 20 profissionais que atuam, na empresa                      | Segurança do trabalho  | 6 meses  |
| E6              | Trabalho como gestão de inovação  | Gestão da inovação   | 1 ano e 3 meses  |
| E7              | Gestão de relacionamento institucional  | Não estou na área ainda  | Não ingressei ainda  |
| E8              | Estatística, probabilidade e gestão de projetos   | Mineração  | 1 ano  |
| E9              | Atuo especificamente como engenheiro de Segurança do trabalho. Utilizo as ferramentas de engenharia de produção | Atuo na área de segurança do trabalho utilizo as ferramentas como mapeamento dos processos, análise estatísticas que são de engenharia de produção | 3 meses  |
| E10             | Mapeamento de processos, estruturação de cadeia produtiva, custo, qualidade, análise de tempo de ciclo          | Metalúrgico, Siderúrgico   | 3 anos   |

Referente a quais serviços são desenvolvidos como engenheiro de produção os entrevistados responderam, consultoria; gestão empresarial de projetos; equipes e serviços de comunicação; gestão de operações na área de educação; consultoria e assessoria em projetos e processos na fabricação; planejamento e inspeção nas empresas; docência na área de educação; planejamento; gestão de inovação; gestão de relacionamento institucional, análise estatística, probabilidade e gestão de projetos; segurança do trabalho; gestão de projetos e processos de fabricação.

Observa-se na Tabela 5, que a atividade de atuação dos entrevistados aponta destaque na gestão empresarial, institucional e no setor produtivo. Esta observação vem de encontro a registros de Telles (2014) ao afirmar que, as

principais atribuições da Engenharia de Produção se centram no gerenciamento do processo produtivo para promover a otimização dos resultados, de modo a aumentar a produtividade diminuindo, ao mesmo tempo, gastos excessivos ou desnecessários nas empresas

No tocante ao segmento da engenharia de produção, os entrevistados E1, E2, E3, E4, E5, E6, E8, E9, E10 estão trabalhando, as respostas foram que estão atuando respectivamente em Gestão de projetos; Educação; Fabricação e desenvolvimento de melhores processos na entrada e saída de blocos; Área de óleo e gás, Mineração. Construção civil; Segurança do trabalho; Gestão da inovação; Mineração, Segurança do trabalho; Metalúrgico,

Siderúrgico. O entrevistado E7 relatou não estar trabalhando na área por ser recém-formado.

Diante das respostas apresentadas na Tabela 5, observa-se que os engenheiros de produção possuem atuação profissional voltada às diversas áreas do setor produtivo. Furlanetto (2006) afirma que, o mercado de trabalho para este profissional é amplo, sendo possível atuar nas diferentes áreas de uma organização como finanças, produção, recursos humanos, marketing ou desenvolvimento do produto.

Em pesquisa que objetivava traçar o perfil e a ocupação de egressos do curso de engenharia de produção da Universidade do Estado de Santa Catarina, Pilz (2018) aplicou questionários a 230 engenheiros de produção, sendo destes 124 (65,3%) do sexo masculino e 66 (34,7%) do sexo feminino. A faixa de renda predominante variou entre R\$2.640,00 e R\$7.920,00. Com relação à ocupação profissional, 70% dos participantes já atuaram na área de formação, contra 30% que nunca atuaram. As áreas que se destacaram com maior presença dos profissionais são: qualidade (6,8%), engenharia de processos (6,3%) e gestão de projetos (5,3%). Em relação aos cargos ocupados, os destaques foram: analista (23,2%), gerente (11,1%) e engenheiro pleno com (10,0%). Além disso, observou um conjunto de 30 competências e habilidades que são exigidas do profissional de engenharia de produção.

Os setores nos quais os engenheiros de produção mais se concentram são qualidade, engenharia de processos, gestão de projetos, comercial, vendas e financeiro. Os cargos mais recorrentes entre os profissionais são os de analistas, gerentes, engenheiros e diretores. É pertinente observar o forte caráter empreendedor do profissional, refletido no alto percentual de Engenheiros de produção em cargos de liderança (PILZ, 2018).

A rápida expansão das áreas abrangidas pela engenharia de produção e do número de oportunidades de trabalho no país se opõe a uma forte exigência de competência profissional por parte das empresas, devido principalmente às evoluções constantes da tecnologia e da aplicação cada vez maior de sistemas tecnológicos complexos. Dessa forma, o perfil do Engenheiro de produção está sendo traçado com o decorrer do tempo como afirma Melo (2016), já que o mesmo necessita de atualização profissional constante para acompanhar as mudanças e as tendências que surgem diariamente no mercado de trabalho.

Pela Figura 1 pode-se observar os registros de predominância do nível de atuação do engenheiro de produção no Estado de Minas Gerais em 2019 em atividades de execução, elaboração, consultoria, assessoria e coordenação.



Figura 1. Nível de atuação dos engenheiros de produção – 2019. Fonte: Crea-Minas (2020).

As atividades profissionais, laudo, avaliação, treinamento, execução de obra/serviço e projetos se destacam conforme a Figura 2 dos registros dos profissionais

engenheiros de produção nas ART's (Anotação de Responsabilidade Técnica) durante no ano de 2019.

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ATIVIDADE PROFISSIONAL

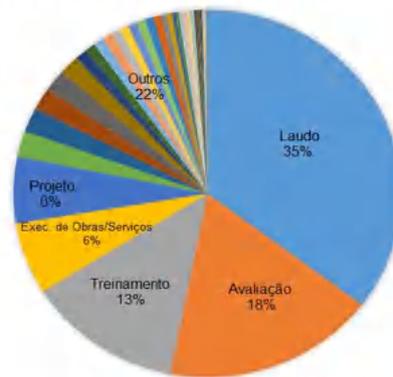


Figura 2. Atividade Profissional. Fonte: Crea-Minas (2020).

A Figura 3 apresenta as diversas áreas e setores que o profissional de engenharia de produção registrado no conselho regional de engenharia atuou no mercado de trabalho no

ano de 2019. As áreas de atuação de maior destaque nesse período foram segurança do trabalho, prevenção e incêndio, mecânica e meio ambiente.

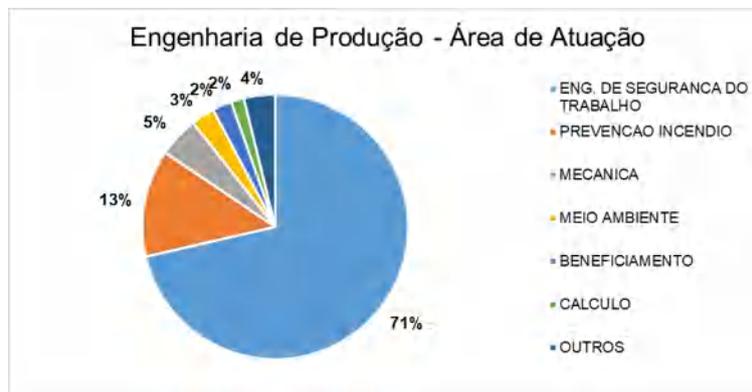


Figura 3. Engenharia de Produção – Área de atuação. Fonte: Crea-Minas (2020).

Relativo ao campo obras e serviços preenchido pelo profissional engenheiro de produção na anotação de responsabilidade técnica no ano de 2019 a Figura 4 apresenta

destaque nas áreas de segurança do trabalho, edificações, outras finalidades (grupo civil), mecânica e equipamentos mecânicos, eletrônicos e máquinas em geral.



Figura 4. Engenharia de Produção – Obras e Serviços. Fonte: Crea-Minas (2020).

Conforme dados estatísticos (CONFEA, 2018), os engenheiros de produção representam 5,41% do número total de registros do país totalizando 48.074 o número total de profissionais desta modalidade no conselho. A modalidade de engenharia de

produção ocupa o 6º lugar em números percentuais de registro. Os engenheiros civis ocupam 32%, os engenheiros eletricitas 12,95%, os engenheiros agrônomos 11,50%, os engenheiros mecânicos 10,46%, e os engenheiros de segurança do trabalho 6,29%.

No tocante à distribuição geográfica, os números de registro dos engenheiros de produção no Confea apontam que esses profissionais estão atuando predominantemente nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Bahia, Rio Grande do Sul, Pará, Paraná e Espírito Santo (CONFEA, 2020). Quanto ao gênero, os números de registro de profissionais no Confea da modalidade engenharia de produção são 26.772 sexos masculino 8.319 sexos feminino (CONFEA, 2020). O número de registros anuais de engenheiros de produção no conselho regional de engenharia e agronomia de Minas Gerais nos últimos 10 anos, a partir do ano de 2010, totalizam em 2019, 4540 profissionais registrados (CONFEA, 2020).

### Conclusão

Quanto ao quesito expectativa a ser alcançada com o curso, este trabalho demonstrou que, de um modo geral, os profissionais engenheiros de produção atingiram seus objetivos relativos à formação e a profissão, tanto no campo de empregabilidade, quanto ao adquirir conhecimento, habilidades e competências profissionais.

A pesquisa demonstrou que a maioria dos engenheiros entrevistados se manifestaram satisfeitos no que tange a realização pessoal com a profissão e empregabilidade, mas existem dificuldades relativas à necessidade de atribuição profissional na profissão.

Sobre a satisfação demonstrou a visão de entrevistados sobre a importância da profissão para o presente e o futuro do país devido a sua amplitude de atuação em gestão pública e no setor produtivo.

Identificou-se a insatisfação sobre a restrição técnica profissional no mercado de trabalho, apontando para a necessidade de pesquisa investigativa sobre o arcabouço legal de atribuição profissional do engenheiro no mercado de trabalho e nas instituições de formação e habilitação profissional.

Observou-se ampla atuação da profissão no mercado de trabalho e setor produtivo, bem como a satisfação dos profissionais em atuar com diversas competências e habilidades adquiridas na formação acadêmica.

Para futuras pesquisas sugere-se expandir o universo de entrevistas buscando analisar a atuação técnica profissional nos variados segmentos e serviços do setor produtivo bem como sua satisfação profissional.

### Referências

- ABEPRO. Associação Brasileira de Engenharia de Produção. Áreas e sub-áreas de Engenharia de Produção. 2008. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/interna.asp?c=362>. Acesso em: 01 de setembro de 2020.
- ABEPRO. Associação Brasileira de Engenharia de Produção. Engenharia de Produção: grande área e diretrizes curriculares. Porto Alegre, 2001. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/DiretrCurr2001.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2020.
- ABRANTES, T. Os engenheiros mais procurados do país: segundo headhunters. Revista Exame. São Paulo, 2013. Disponível em: <http://exame.abril.com.br/carreira/noticias/os-engenheiros-mais-procurados-do-pais-segundo-headhunters>. Acesso em: 20 set. 2020.
- BARBETTA, P. A. Estatística Aplicada às Ciências Sociais. Florianópolis: Editora da UFSC, 2002. 340p.
- BITTENCOURT, H. R.; VIALI, L.; BELTRAME, E. A engenharia de produção no Brasil: um panorama dos cursos de graduação e pós-graduação. Revista de Ensino de Engenharia, v. 29, n.1, p.11-19, 2010.
- CARVALHO, N. F.; ALMEIDA, J. Sentidos de justiça e mediação de conflito ambiental: o caso do rompimento da barragem de Fundão, Mariana/MG, Brasil. Braz. Ap. Sci. Rev., v.2, n.3, p.982-998, 2018.
- CONFEA. Conselho Federal de Engenharia e Agronomia. Disponível em: [www.confea.org.br](http://www.confea.org.br). Acesso em: 26 ago. 2020.
- CONFEA. Resolução nº 218, de 29 de junho de 1973. Discrimina atividades das diferentes modalidades profissionais da Engenharia, Arquitetura e Agronomia. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 31 jul. 1973. Disponível em: <http://normativos.confea.org.br/downloads/0218-73.pdf>. PDF. Acesso em: 22 ago. 2020.
- CONFEA. Resolução nº 235, de 9 de outubro de 1975. Discrimina as atividades profissionais do Engenheiro de Produção. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 30 out. 1975. Disponível em: <http://normativos.confea.org.br/downloads/0235-75.pdf>. PDF. Acesso em: 22 ago. 2020.
- CONFEA. Resolução nº 473, de 26 de novembro de 2002. Institui a Tabela de Títulos Profissionais do Sistema Confea/Crea e dá outras providências. Diário Oficial da União, seção 1, Brasília, DF, p.358-359, 12 dez. 2002. Disponível em:

- <http://normativos.confea.org.br/downloads/0473-02.pdf>. PDF. Acesso em: 22 ago. 2020.
- CUNHA, G. D. Um panorama atual da Engenharia de Produção. Porto Alegre, 2002. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/panoramaatual4.pdf>. Acesso em: 2 out. 2020.
- CUNHA, G. D. I. Trajetória e Estado da Arte da Formação em Engenharia, Arquitetura e Agronomia: Engenharia de Produção. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia, 2010. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/documents/186968/492049/Trajeto%C3%B3ria+e+estado+da+arte+da+forma%C3%A7%C3%A3o+em+engenharia%2C+arquitetura+e+agronomia+%E2%80%93+Vol+01/63ff032e-bf72-46f0-84d9-606d0b84ec3e?version=1.0>. Acesso em: 28 set. 2020.
- FAÉ, C. S.; RIBEIRO, J. L. D. Um retrato da engenharia de produção no Brasil. Revista Gestão Industrial, v.1, n.3, p.024-033, 2005.
- FEREQUETTI, L. A situação dos Engenheiros no Brasil. 2015. Disponível em: <https://engenharia360.com/situacao-dos-engenheiros-no-brasil/>. Acesso em: 28 set. 2020.
- FLEURY, A. FLEURY, M. T. Estratégias empresariais e formação de competências: um quebra-cabeça caleidoscópico da indústria brasileira. São Paulo: Atlas, 2008. 155p.
- IPEA. Instituto de Pesquisa e Econômica Aplicada. Disponível em: [www.ipea.gov.br](http://www.ipea.gov.br). Acesso em: 25 ago. 2020.
- LEME, R. A. S. A História da Engenharia de Produção no Brasil. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 3, 1983, São Paulo. Anais...São Paulo, 1983.
- MÁSCULO, F. S. Um panorama da Engenharia de Produção. 2006. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/interna.asp?ss=1&c=924>. Acesso em: 2 out. 2020.
- MELO, J. B. DE O.; NETO, M. E. DE O.; SOUZA, V. D. DE S.; CORREIA, L. N. DA S.; MELO, V. C. G. DA C. Educação em engenharia de produção. Rio Grande do Norte, 2016. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/3/anais/anais/158460.pdf>. Acesso em 28 set. 2020.
- MENDES, J. M. R.; WUNSCH, D. S. Elementos para uma nova cultura em segurança e saúde no trabalho. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, v.32, n.115, p.153-163, 2007.
- MIKAIL, E. Entendendo a falta de engenheiros no mercado. 2014. Disponível em: <https://engenharia360.com/entendendo-falta-de-engenheiros-mercado>. Acesso em: 28 set. 2020.
- OLIVEIRA, V. F.; BARBOSA C. S.; CHRISPIM E. M. Cursos de Engenharia de Produção no Brasil: Crescimento e Projeções. In: Encontro Nac. de Engenharia de Produção, 25, 2020, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre, 2020.
- OLIVEIRA, V. M.; CÂNDIDO, G. A. Gerenciamento logístico: o caso de uma indústria de alimentos. Fortaleza, 2006. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2006\\_tr450302\\_7010.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2006_tr450302_7010.pdf). Acesso em: 28 set.2020.
- OLIVEIRA NETTO, A. A.; TAVARES, W. R. Introdução à Engenharia de Produção. Florianópolis: Visual Books, 2006. 164p.
- PILZ, T. L.; BENEVENUTI, V.; BITTENOURT, E. Perfil e análise da ocupação profissional dos egressos de Engenharia de Produção de uma universidade do estado de Santa Catarina. Braz. Ap. Sci. Rev., v.2, n.6, Ed. Esp., p.1975-1988, 2018.
- QUINTAS, P. Procuram-se engenheiros. São Paulo, 2013. Disponível em: <https://www.campograndenews.com.br/artigos/procuram-se-engenheiros>. Acesso em: 20 set. 2016.
- SANTOS, M. S.; OLIVEIRA, F. S.; FARIAS, V. Q. R.; SOUZA, L. A. S.; TOMÉ, C. A. Aspectos Tayloristas numa empresa de bebidas: tempos contemporâneos ou tempos modernos? Revista Científica Interdisciplinar da Graduação, v.5, n.2, 2012.
- TANCLER, J. Saiba quais são as engenharias com mais profissionais felizes. Disponível em: <https://engenharia360.com/saiba-quais-sao-as-engenharias-com-mais-profissionais-felizes>. Acesso em: 28 set. 2020.
- TEIXEIRA, M. Brasil tem carência de engenheiros: Confirma salários médios da categoria. São Paulo, fev. 2015. Disponível em: <https://cristovaoatorres.blogspot.com/2015/02/brasil-tem-carencia-de-engenheiros.html>. Acesso em: 19 set. 2020.
- TELLES, P. A engenharia e os engenheiros na sociedade brasileira. 4. ed. São Paulo: LTC, 2014. 156p.
- UFV institucional. Disponível em: [http://www.epr.crp.ufv.br/?page\\_id=5](http://www.epr.crp.ufv.br/?page_id=5). Acesso em: 29 de ago. de 2020.
- ZAINAGHI, G.; AKAMINE, E. G.; BREMER, C. F. Análise do perfil profissional do engenheiro de produção adquirido nas atividades

extracurriculares. In: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 29, 2001, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre, 2001.

## Curriculum dos Organizadores

**Paulo Roberto Megna Francisco:** Pós Doutor em Ciência do Solo pela UFPB. Doutor em Engenharia Agrícola – Irrigação e Drenagem pela UFCG. Mestre em Manejo de Solo e Água pelo CCA/UFPB. Graduado pela UNESP como Tecnólogo Agrícola com especialização em Mecanização. Graduando em Engenharia Agrícola pela UFCG. Participa de Projetos de Pesquisa e Extensão juntamente com a EMBRAPA-Algodão, UFPB-Campus João Pessoa, UFCG-Campus Sumé, IFPB-Campus Campina Grande e Campus Picuí. Ministrou as disciplinas de Mecanização Agrícola, Máquinas e Motores Agrozootécnicos e Máquinas e Motores Agrícolas no CCA/UFPB. Atualmente presta consultoria para o INCRA/PB na realização de PDA's. Consultor Ad hoc do CONFEA como organizador do Congresso Técnico Científico da Engenharia e Agronomia – CONTECC.

**George do Nascimento Ribeiro:** Possui graduação em Agronomia (2003) e mestrado em Manejo de Solo e Água (2006) pela Universidade Federal da Paraíba, doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2014) e Pós-doutorado em Fontes Alternativas de Energias pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da UFCG (LABFREN/UFCG). Atualmente é professor da Universidade Federal de Campina Grande/CDSA/Campus Sumé. Tem experiência nas áreas de Geociências, com ênfase em Sensoriamento Remoto (recursos naturais, geotecnologias e mapeamento temático) e em Energias Renováveis (produção de hidrogênio como fonte de combustível para fuel cell e energia solar - placas fotovoltaicas).

