



# Recursos Naturais

## ESTUDOS & APLICAÇÕES

**Paulo Roberto Megna Francisco**

**Paulo da Costa Medeiros**

**Claudiomir da Silva dos Santos**

**Fabrcio dos Santos Ritá**

**Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques**

**Luciano dos Santos Rodrigues**

**Hernani Ciro Santana**

**Gilcean Silva Alves**

# **RECURSOS NATURAIS**

## **ESTUDOS & APLICAÇÕES**



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

R2458 Recursos Naturais: Estudos & Aplicações/Francisco et al.  
— Campina Grande: EPTEC, 2023.  
132f.: il. color.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN: 978-65-00-86500-4

1. Ciência do Solo. 2. Meio Ambiente. 3. Pesquisa. 4. Agronomia.  
I. Francisco, Paulo Roberto Megna. II. Medeiros, Paulo da  
Costa. III. Santos, Claudiomir da Silva dos. IV. Ritá, Fabrício  
dos Santos. V. Marques, Rosângela Francisca de Paula  
Vitor. VI. Rodrigues, Luciano dos Santos. VII. Santana,  
Hernani Ciro. VIII. Alves, Gilcean Silva. IX. Título.

CDU 620

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.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons.  
Atribuição-Não-Comercial-Não Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

2023 by Eptec

Copyright © Eptec

Copyright do texto © 2023 Os autores

Copyright da edição © 2023 Eptec

Direitos para esta edição cedidos à Eptec pelos autores.

Open access publication by Eptec

### Créditos das Imagens da capa e dos capítulos

Pixabay/Freepick

### Editoração, Revisão e Arte da Capa

Paulo Roberto Megna Francisco

### Conselho Editorial

Claudiomir Silva Santos (IFSULMINAS)

Djail Santos (CCA-UFPB)

Dermeval Araújo Furtado (CTRN-UFCG)

Flávio Pereira de Oliveira (CCA-UFPB)

George do Nascimento Ribeiro (CDSA-UFCG)

Gypson Dutra Junqueira Ayres (CTRN-UFCG)

João Miguel de Moraes Neto (CTRN-UFCG)

José Wallace Barbosa do Nascimento (CTRN-UFCG)

Lúcia Helena Garófalo Chaves (CTRN-UFCG)

Luciano Marcelo Fallé Saboya (CTRN-UFCG)

Newton Carlos Santos (UFRN)

Paulo da Costa Medeiros (CDSA-UFCG)

Paulo Roberto Megna Francisco (CTRN-UFCG)

Raimundo Calixto Martins Rodrigues (DEAG-UEMA)

Soahd Arruda Rached Farias (CTRN-UFCG)

Virgínia Mirtes de Alcântara Silva (CTRN-UFCG)

Viviane Farias Silva (CSTR-UFCG)

Paulo Roberto Megna Francisco  
Paulo da Costa Medeiros  
Claudimir da Silva dos Santos  
Fabrício dos Santos Ritá  
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques  
Luciano dos Santos Rodrigues  
Hernani Ciro Santana  
Gilcean Silva Alves

# **RECURSOS NATURAIS**

## **ESTUDOS & APLICAÇÕES**



1.a Edição  
Campina Grande-PB  
2023

REALIZAÇÃO



APOIO



# SUMÁRIO

|  |            |
|--|------------|
| <i>VARIABILIDADE CLIMÁTICA DO PERÍODO CHUVOSO E DURANTE ANOS DO EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL NO MUNICÍPIO DE CORINTO, EM MINAS GERAIS .....</i>               | <i>6</i>   |
| <i>CARACTERIZAÇÃO QUANTITATIVA E QUALITATIVA DE EFLUENTE DE ABATEDOURO DE FRANGO NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE-MG .....</i>                | <i>18</i>  |
| <i>MAPEAMENTO DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA IRRIGADA PARA O SORGO (Sorghum bicolor) EM BACIA HIDROGRÁFICA UTILIZANDO SIG .....</i>                 | <i>25</i>  |
| <i>ESTUDO DE DISPERSÃO DE ODORES EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO COM UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE ALOHA .....</i>                                     | <i>41</i>  |
| <i>DIAGNÓSTICO BIOCLIMÁTICO PARA PRODUÇÃO LEITEIRA NO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA-PB, BRASIL .....</i>  | <i>51</i>  |
| <i>COMPOSIÇÃO FAUNÍSTICA E ASPECTOS ECOLÓGICOS DE ÁREA ANTROPIZADA NA REGIÃO METROPOLITANA CEARENSE .....</i>  | <i>57</i>  |
| <i>QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO E O RISCO ENTUPIMENTO DE EMISSORES NA IRRIGAÇÃO LOCALIZADA.....</i>  | <i>71</i>  |
| <i>ANÁLISES INTEGRADA DOS RECURSOS NATURAIS: COMPARAÇÃO DOS ASPECTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DO SOLO EM ÁREAS DE EUCALIPTAL E PASTAGEM.....</i> | <i>78</i>  |
| <i>DIAGNÓSTICO DA ARBORIZAÇÃO E ANÁLISE DA QUALIDADE AMBIENTAL DO IFPB - CAMPUS JOÃO PESSOA.....</i>   | <i>92</i>  |
| <i>RECURSOS NATURAIS, SUSTENTABILIDADE E CONSTRUÇÃO CIVIL: O POTENCIAL DO PÓ DE PEDRA DE GNAISSE NA FABRICAÇÃO DE CONCRETO .....</i>                   | <i>109</i> |
| <i>QUALIDADE DE ÁGUAS UTILIZADAS NA IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO PROVENIENTE DE DIFERENTES FONTES.....</i>  | <i>121</i> |
| <i>CURRICULUM DOS ORGANIZADORES .....</i>  | <i>130</i> |

# VARIABILIDADE CLIMÁTICA DO PERÍODO CHUVOSO E DURANTE ANOS DO EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL NO MUNICÍPIO DE CORINTO, EM MINAS GERAIS

**Rosandro Boligon Minuzzi**

*Professor Associado, UFSC/CCA/Campus Florianópolis, SC, rbminuzzi@hotmail.com*

 <https://orcid.org/0000-0001-7148-7707>

## **Introdução**

De acordo com Alves et al. (2005), o período chuvoso (ou estação chuvosa) na região sudeste do Brasil concentra-se entre os meses de outubro a março, quando ocorrem mais de 80% do total anual de chuvas. Devido a esta característica, este regime bem definido de precipitação caracteriza-se como um sistema de monção, semelhante ao observado no sudeste da Ásia. Marengo et al. (2012), especificam que numa região de monção mais de 50% da precipitação anual deve ocorrer no período chuvoso e na América do Sul o seu início ocorre quando há mudança no padrão da precipitação, isto é, o clima seco é substituído por um chuvoso. No entanto, Ganet al. (2009) atentam que, há inconsistências nos critérios para caracterizar um sistema de monção, de forma que, os autores apresentam estudos que contestam que a circulação atmosférica no sudeste do Brasil não se enquadraria como de monção.

Divergências a parte quanto a presença ou não de um sistema de monção no sudeste do país, Alves et al. (2005) explicam que, o início do período chuvoso (IPC) no sudeste do país, está associado a padrões de circulação de mesoescala e com a atuação das frentes frias e da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Estes sistemas dinâmicos de escala sinótica que iniciariam e organizariam a convecção na região é que resultariam numa maior variabilidade do IPC do que o seu fim (GAN et al., 2004).

Com relação ao IPC e final do período chuvoso (FPC), não há uma unanimidade quanto ao critério a ser usado para definição de tais datas, por isso, é um dos motivos pelas divergências

encontradas nos estudos. Roldão e Assunção (2012) definiram a duração dos períodos seco e chuvoso para o Triângulo Mineiro, utilizando o balanço hídrico do solo. Machado et al. (1996) definiram as datas de IPC através de classes e pelas probabilidades de ocorrência de que os períodos chuvosos excedessem durações especificadas. Encontraram uma estreita relação entre a data de IPC e a duração do período chuvoso (DPC), ou seja, os inícios precoces do período chuvoso (PC) redundam, na maioria das vezes, em PCs significativamente menores, sendo que, o oposto ocorre quando se têm períodos chuvosos iniciados tardiamente, tendo-se maior duração dos PCs. Em Minas Gerais, Silva e Reboita (2013) mostraram que o IPC ocorre entre 8 a 22 de outubro e termina na segunda quinzena de março. Em áreas com uma estação seca e chuvosa bem definida, como é o caso de Minas Gerais, a data de IPC é um importante parâmetro agroclimático e no abastecimento hídrico e energético, além da conhecida grande variabilidade espaço-temporal da precipitação, principalmente, quando a ocorrência de fenômenos climáticos como o El Niño Oscilação Sul (ENOS) podem ocasionar anomalias nos padrões atmosféricos que atuam no Estado.

No entanto, a necessidade de mais estudos da influência do ENOS na região sudeste do Brasil é deveras importante, pois a resposta ao fenômeno climático não é tão linear quanto no Cone Sul da América do Sul. Grimm e Ferraz (1998) explicam que, talvez pela região depender mais do que ocorre sobre o Atlântico, e a resposta no Atlântico não é tão simétrica quanto no Pacífico. A pouca consistência das anomalias no sudeste é devida justamente ao caráter de transição da região, pois as anomalias podem deslocar-se para norte ou para sul de um evento para outro podendo, assim, alterar o seu sinal em relação a eventos anteriores.

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo avaliar a variabilidade climática e em anos de ocorrência do ENOS, do IPC, FPC, DPC, veranicos e da precipitação durante o período chuvoso, no município de Corinto, em Minas Gerais.

## **Material e Métodos**

Foram utilizados dados diários de precipitação de janeiro de 1984 a dezembro de 2021 da estação hidrológica pertencente a base de dados da Agência Nacional de Águas (ANA), localizada em Corinto (altitude: 999 m), no Estado de Minas Gerais (Figura 1).

Conjuntamente, foram usados dados mensais de janeiro de 1961 a dezembro de 2022, de evapotranspiração e de precipitação do Terraclimate. O Terraclimate é uma base de dados de elementos climáticos e do balanço hídrico do solo de toda superfície terrestre do globo com uma resolução espacial de aproximadamente 4 km que usa interpolação combinando normais climatológicas de alta resolução espacial da WordClim com outras fontes de dados observados como o CRU Ts4.0 (Climate Research Unit, base de dados versão 4.0) e da JRA-55 (Japanese 55-year Reanalysis).

O download desta base de dados foi feito pela delimitação de um polígono, a qual selecionou-se uma área de forma a abranger o município de Corinto e o seu entorno (Figura 1).



O emprego da cronologia das fases do El Niño Oscilação Sul (ENOS) foi definido de acordo com os valores do Índice Niño Oceânico (ONI, sigla do inglês, Oceanic Niño Index) utilizado pela NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). O ONI foi obtido pela temperatura superficial da região Niño 3.4 (5°N-5°S e 170°W-120°W), e a NOAA define como ocorrência de El Niño (La Niña), quando o ONI fica acima (abaixo) de 0,5°C (-0,5°C) por pelo menos cinco trimestres seguidos.

Durante o período chuvoso de cada ano, foram obtidos o número de veranicos com duração igual ou superior a 10 dias ( $N_{Ver} \geq 10$ ) e a duração (em dias) do maior veranico ( $D_{Ver_{max}}$ ).

O método da regressão linear simples foi usado para averiguar a correlação entre si, de algumas variáveis relacionadas ao período chuvoso, a saber: IPC x P-PC, IPC x DPC, IPC x  $D_{Ver_{max}}$ , IPC x  $N_{Ver} \geq 10$ , DPC x  $D_{Ver_{max}}$ , DPC x  $N_{Ver} \geq 10$ , P-PC x  $D_{Ver_{max}}$ , P-PC x  $N_{Ver} \geq 10$ .

A análise de regressão também foi utilizada para indicar tendências climáticas observadas nas últimas décadas usando o coeficiente angular (ou de inclinação) de uma reta ajustada aos dados, desde que, significativos ao nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ) ou 1% ( $p < 0,01$ ), atestados pelo p-valor, para as seguintes variáveis: IPC, DPC e P-PC (usando dados das estações) e usando dados mensais do Terraclimate de novembro a março, da precipitação acumulada e da ETo.

## **Resultados e Discussão**

A Tabela 1 apresenta os resultados referentes a cada quantil e a média do início (IPC), final (FPC), duração (DPC) e precipitação durante o período chuvoso (P-PC) e a precipitação acumulada de novembro a março (Pnov-mar). Como exemplo, o período chuvoso (PC) inicia em média no dia 22 de outubro (dia juliano 295), termina no dia 9 de abril (dia juliano 99), dura 170 dias e dentro deste período, chove em média 944,1mm. Resultados coerentes aos obtidos por Minuzzi et al. (2010) que, geoespacializando os resultados oriundos de 203 estações hidrológicas distribuídas no sudeste do Brasil, encontraram que o PC na região que se encontra Corinto, tem início em média entre os dias 13 e 22 de outubro, com duração de 155 a 173 dias. Quanto ao IPC, o resultado para Corinto foge ao encontrado em sua maioria por Costa e Queiroz (2021) para o município de Ituiutaba-MG, onde mostraram que o período chuvoso em 46,8% dos casos teve início no mês de setembro, mais especificamente, na segunda quinzena, acompanhado na sequência por outubro em que o PC teve início em 31,2% dos anos. Estas diferenças no IPC são compreensíveis pela longa distância entre os dois municípios mineiros e pelo critério usado na identificação do IPC, onde Costa e Queiroz (2021) recorreram aos componentes do balanço hídrico em seu estudo para identificação do período chuvoso e seco.

Tabela 1. Média e quantis obtidos para o IPC (dia juliano), FPC (dia juliano), DPC (dias), P-PC (mm) e P<sub>nov-mar</sub> (mm) para o município de Corinto-MG

|                   | IPC | FPC | DPC | P-PC  | P <sub>nov-mar</sub> |
|-------------------|-----|-----|-----|-------|----------------------|
| Média             | 295 | 99  | 170 | 944,1 | 799,5                |
| Q <sub>0,15</sub> | 269 | 78  | 141 | 769   | 621                  |
| Q <sub>0,35</sub> | 292 | 87  | 153 | 872   | 729                  |
| Q <sub>0,65</sub> | 303 | 105 | 176 | 965   | 905                  |
| Q <sub>0,85</sub> | 313 | 117 | 195 | 1082  | 948                  |

Quanto aos quantis obtidos para as referidas variáveis, a interpretação e, respectivo uso, é feita da seguinte maneira: quando em dado ano, o PC iniciar antes do dia 26 de setembro (dia juliano 269), será considerado um IPC ‘muito precoce’, se iniciar entre os dias 19 e 30 de outubro (respectivamente, dias julianos 292 e 303), será considerado um IPC dentro do esperado (‘normal’), mas se o PC começar entre os dias 30 de outubro e 9 de novembro (respectivamente, dias julianos 303 e 313), será um IPC ‘tardio’. O mesmo raciocínio é aplicado para as demais ordens quantílicas e para o FPC e DPC (conforme apresentado na metodologia). Para a P-PC e a P<sub>nov-mar</sub>, somente muda a classificação, isto é, como exemplo, quando chove entre 769 e 872mm, este PC é considerado ‘seco’, mas se chover mais do que 1082 mm, será considerado um PC ‘muito chuvoso’.

Na Figura 2 observa-se a variabilidade temporal de 1984 a 2021 do IPC, FPC, DPC e P-PC em Corinto, com as delimitações baseadas nos valores dos quantis. Cabe ressaltar alguns registros, como os maiores extremos do FPC, DPC e da P-PC registrados na década de 1980 e de 2010, enquanto o IPC apresentou uma maior variabilidade nas décadas de 1980 e 1990, como exemplos, em 1989 e 1992, que o PC teve o segundo início mais tardio e o primeiro mais precoce da série, sendo 5 de dezembro e 6 de setembro, respectivamente.

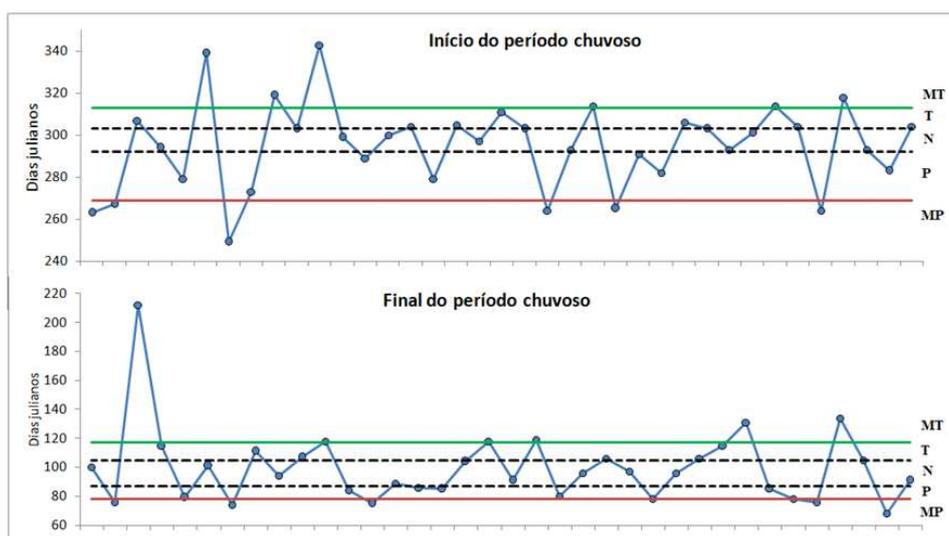


Figura 2. Variabilidade temporal de 1984 a 2021 do IPC, FPC, DPC e P-PC em Corinto, com as delimitações baseadas nos quantis (MT= muito tardio, T= tardio, N= normal, P= precoce e MP= muito precoce; MC= muito chuvoso, C= chuvoso, S= seco e MS= muito seco).

<sup>1</sup>Em 1990 e 1991 houve falhas nos registros de precipitação na estação de Corinto, por isso não foram incluídos na análise.

Numa associação com anos de El Niño (EN) e La Niña (LN) baseado no Índice Niño Oceânico (ONI), a Tabela 2 apresenta o número de ocorrências de cada classificação obtida para o IPC, FPC, P-PC e Pnov-mar em anos com ocorrência de ambas as fases do ENOS (El Niño Oscilação Sul). Em anos de LN, há uma tendência de que o PC inicie mais cedo ou dentro da normalidade (11 ocorrências), enquanto para FPC, não há um padrão definido para ambas as fases do ENOS. Quanto a precipitação, é no acumulado de novembro a março que se nota uma tendência mais definida de situações abaixo e acima da normalidade, durante eventos do El Niño e da La Niña, respectivamente. Em suma, pode-se afirmar que em anos de LN, o fato de o PC tender a começar mais cedo ou dentro do esperado, favoreça acumulados de chuva acima da normalidade no período de novembro a março.

Tabela 2. Número de ocorrências para cada classificação de IPC, FPC, P-PC e Pnov-mar em anos de El Niño e de La Niña

| <b>IPC</b>                 | <b>MT</b> | <b>T</b> | <b>N</b> | <b>P</b> | <b>MP</b> |
|----------------------------|-----------|----------|----------|----------|-----------|
| El Niño                    | 1         | 3        | 4        | 0        | 3         |
| La Niña                    | 1         | 2        | 5        | 5        | 1         |
| <b>FPC</b>                 | <b>MT</b> | <b>T</b> | <b>N</b> | <b>P</b> | <b>MP</b> |
| El Niño                    | 3         | 1        | 4        | 3        | 0         |
| La Niña                    | 1         | 2        | 5        | 2        | 4         |
| <b>P-PC</b>                | <b>MC</b> | <b>C</b> | <b>N</b> | <b>S</b> | <b>MS</b> |
| El Niño                    | 1         | 2        | 3        | 2        | 3         |
| La Niña                    | 3         | 3        | 4        | 3        | 1         |
| <b>P<sub>nov-mar</sub></b> | <b>MC</b> | <b>C</b> | <b>N</b> | <b>S</b> | <b>MS</b> |
| El Niño                    | 1         | 1        | 3        | 3        | 3         |
| La Niña                    | 3         | 4        | 4        | 2        | 1         |

MT= muito tardio, T= tardio, N= normal, P= precoce e MP= muito precoce; MC= muito chuvoso, C= chuvoso, S= seco e MS= muito seco.

Recorrendo a diferentes séries históricas e critério para cronologia de ocorrências de EN de forte e moderada intensidades, Minuzzi et al. (2005) observaram tendência de o PC tardar em iniciar no centro, norte e nordeste de Minas Gerais. Apesar das diferentes metodologias utilizadas, houve um consenso entre os estudos no que se refere a precipitação durante o PC ficar abaixo da normalidade na metade nordeste do Estado. Larkin e Harrison (2005) especificaram que, durante eventos do EN clássico (Canônico) há um aumento na quantidade de chuva no sudeste da América do Sul durante a primavera e verão. No entanto, durante os EN Modoki, houve diminuição da chuva no centro-leste do Brasil.

Quanto a DPC, em média o PC dura mais em anos de EN (com erro padrão de +/-12 dias), apesar de não haver uma diferença estatisticamente significativa com a DPC média observada em anos de LN. No entanto, quando analisados a maior/menor duração e o erro padrão, pressupõe-se que em anos de EN, a DPC apresente uma maior dispersão, algo que é atestado pelos coeficientes de variação, ou seja, é mais difícil precisar a DPC durante a ocorrência de um EN, pois, ora o PC pode ter uma menor duração, ora o PC pode durar mais. Minuzzi et al. (2005) atestam esta informação, ao concluírem que a

irregularidade na distribuição da P-PC no norte-nordeste de Minas Gerais observada em anos de EN, são devidas a veranicos com períodos superiores a 15 dias.

Tabela 3. Medidas de posição e de dispersão<sup>1</sup> quanto a duração do período chuvoso (DPC) em anos de El Niño e de La Niña

|                              | <b>El Niño</b> | <b>La Niña</b> |
|------------------------------|----------------|----------------|
| Média (dias)                 | 184 a          | 162 a          |
| Erro padrão (dias)           | +/- 12         | +/- 5          |
| Coefficiente de variação (%) | 22 a           | 11 b           |
| Máxima (dias)                | 270            | 202            |
| Mínima (dias)                | 140            | 137            |

<sup>1</sup>Média e coeficientes de variação com letras iguais, não diferem estatisticamente a 5% de significância pelos testes t-Student e de Fligner-Kileen, respectivamente.

Na Tabela 4 são apresentadas as médias de IPC, FPC e DPC quando o PC é classificado de “muito seco” até “muito chuvoso”, onde percebe-se que, não há uma relação perfeita entre as precipitações totalizadas no PC com o FPC e DPC, salvo nas situações extremas de duração do PC, isto é, quando há um PC “muito seco”, o PC dura menos (151 dias) do que quando o PC é “muito chuvoso”, havendo uma diferença de 27 dias entre esses dois cenários. Para o IPC há uma melhor sincronia, pois quando o PC é “muito seco” ou “seco”, o seu início demora mais a ocorrer do que quando é “chuvoso” ou “muito chuvoso”.

Tabela 4. Média do IPC, FPC e DPC em anos de PC “muito seco” (MS), “seco” (S), “normal” (N), “chuvoso” (C) e “muito chuvoso”(MC)

| <b>P-PC (classificação)</b> | <b>IPC</b> | <b>FPC</b> | <b>DPC</b> |
|-----------------------------|------------|------------|------------|
| Média P-PC (MS)             | 308        | 94         | 151        |
| Media P-PC (S)              | 297        | 108        | 176        |
| Media P-PC (N)              | 299        | 100        | 166        |
| Media P-PC (C)              | 288        | 101        | 178        |
| Media P-PC (MC)             | 279        | 92         | 178        |

A aplicação da regressão linear atesta somente a correlação estatisticamente significativa entre o IPC com a DPC e a P-PC. Na Figura 3, além do diagrama de dispersão para cada uma das duas citadas correlações, é apresentado o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e a equação de regressão que permite que a DPC e a P-PC sejam estimadas tendo e mãos, o IPC. Usando como exemplo a equação de regressão obtida na correlação entre DPC e IPC (Figura 3a), quando o PC iniciar no dia 1º de novembro, basta inserir na referida equação, o IPC em dia juliano, no caso 305, resultando numa DPC de 158 dias, com um erro de 17 dias para mais ou menos. Nesta correlação, o  $R^2=0,52$  significa que o IPC respondeu por 52% da variação da DPC. Para a P-PC, a correlação é menor, isto é, o IPC respondeu por apenas 17% na variação da P-PC. Porém, sendo estatisticamente significativa, também pode-se estimar a P-PC com a data do IPC usando a equação destacada na Figura 3b.

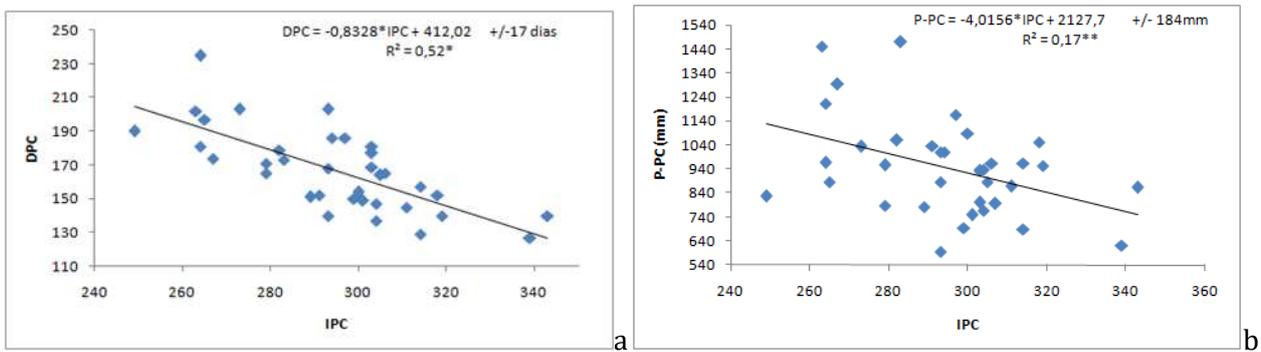


Figura 3. Diagrama de dispersão entre o IPC com a DPC (3a) e a IPC com a P-PC (3b), respectivamente, com a equação de regressão e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

\*\* significativo a 5% ( $p < 0,05$ ) e \* significativo a 1% ( $p < 0,01$ ).

Estendendo para a região sudeste do Brasil, Minuzzi et al. (2007) também encontraram as maiores e significativas correlações entre o IPC e DPC. As regressões lineares evidenciaram as fortes correlações existentes entre o IPC, a DPC e a P-PC, principalmente no Estado de São Paulo. A exceção ficou restrita a área no Vale do Jequitinhonha, próximo ao Estado da Bahia, onde não houve correlação da P-PC com o IPC e a DPC, possivelmente devido aos maiores intervalos secos, entre os dias chuvosos, sendo estes intervalos, ora suficientes, ora não, para atender aos critérios que definem as datas de IPC e FPC, mesmo que, em menores quantidades, as chuvas já tenham iniciado ou permaneçam ocorrendo, respectivamente.

A aplicação das regressões lineares do IPC, DPC e P-PC com os veranicos (número de veranicos com duração igual ou superior a 10 dias ( $N_{Ver} \geq 10$ ) e a duração (em dias) do maior veranico ( $D_{Vermax}$ )), mostrou apenas uma situação de correlação estatisticamente significativa, sendo entre a DPC e o  $N_{Ver} \geq 10$ , conforme apresentado na Figura 4. Isto significa que quanto maior a DPC, maior tende a ser o  $N_{Ver} \geq 10$ . A equação da regressão destacada na Figura 4, permite que o  $N_{Ver} \geq 10$  seja estimado, tendo ciência da DPC. Os veranicos de maior duração foram de 30 e 29 dias, respectivamente, nos PCs de 1995/96 e 2021/22, enquanto em 2014/15 e 2018/19 foram observados o maior número de veranicos (seis) dentro do PC, com duração de pelo menos 10 dias.

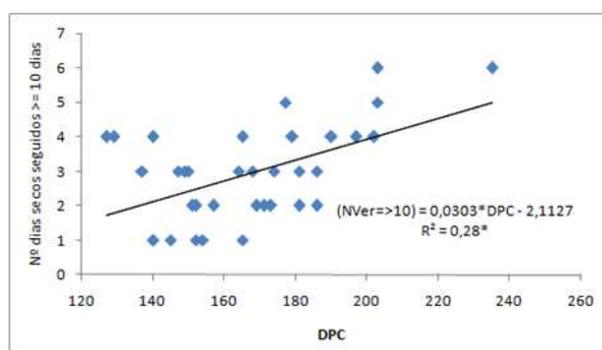


Figura 4. Diagrama de dispersão entre a DPC e o número de veranicos com duração igual ou superior a 10 dias ( $N_{Ver} \geq 10$ ), com a equação de regressão e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

\* significativo a 1% ( $p < 0,01$ ).

A Figura 5 apresenta o histograma do IPC (5a), DPC (5b) e P-PC (5c) de forma a resumir em intervalos os dados obtidos desde meados da década de 1980. Cerca de 69% dos anos analisados, o PC teve início entre os dias 281 (8 de outubro) e 320 (16 de novembro). Outra forma de interpretar a Figura 5a, refere-se à frequência esperada, onde por exemplo, há 84% de probabilidade de que o período chuvoso inicie entre os dias 261 (18 de setembro) e 320 (16 de novembro). Quanto a DPC, há uma probabilidade de 78,1% em que se espera que o período chuvoso dure entre 141 e 200 dias (Figura 5b). A maior ocorrência observada de precipitação durante o período chuvoso foi entre 801 mm e 1000mm (38,9%). Em apenas 2,8 e 11% dos períodos chuvosos analisados, a precipitação ficou abaixo de 600mm e acima de 1201mm, respectivamente (Figura 5c).

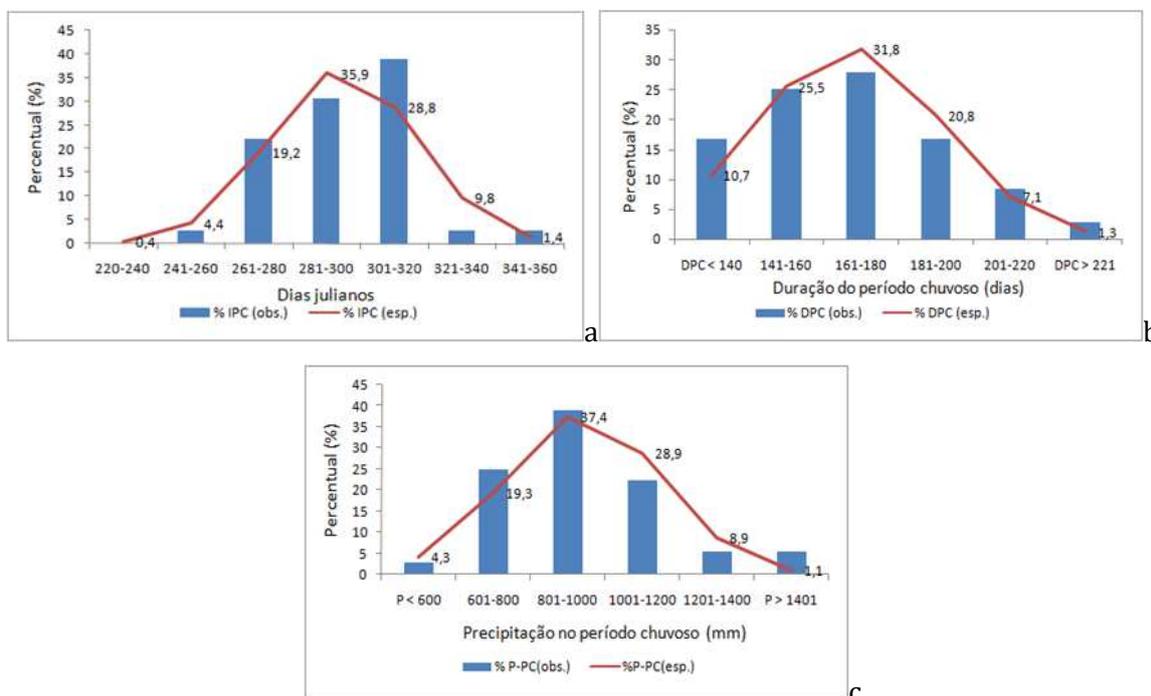


Figura 5. Histograma contendo a frequência (%) observada (colunas) e esperada (linhas) em percentuais do IPC (5a), da DPC (5b) e da P-PC (5c), para Corinto.

Histogramas também foram feitos para analisar a frequência de veranicos (Figura 6). Quase 70% das ocorrências foram registrados de dois a quatro veranicos com duração igual ou superior a 10 dias dentro dos períodos chuvosos e em apenas 11,2% houve mais do que cinco registros (Figura 6a), enquanto aproximadamente 72% dos casos, os maiores veranicos observados em cada PC, duraram entre 11 a 20 dias e 22% duraram mais do que 21 dias (Figura 6b).

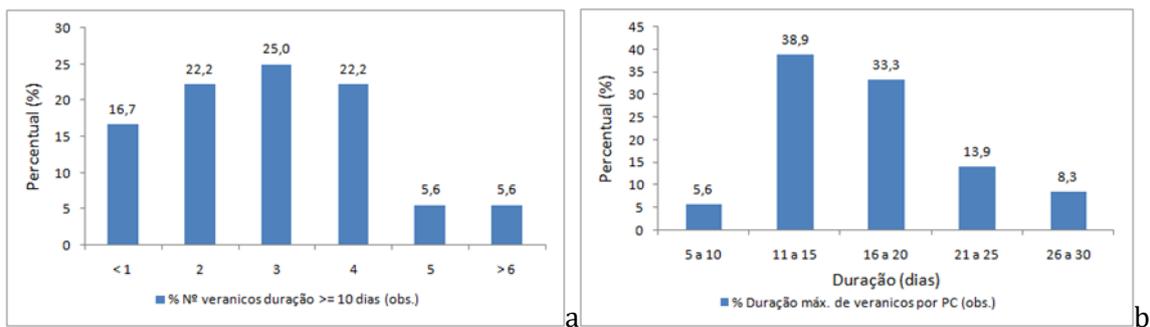


Figura 6. Histograma contendo a frequência (%) observada do número de veranicos por PC com duração igual ou superior a 10 dias (6a) e dos veranicos mais duradouros observados em cada PC (6b).

Não houve tendência climática estatisticamente significativa quanto as datas do IPC e FPC, da DPC e da P-PC, usando os dados da estação de Corinto, assim como, desde a década de 1960, também não se observou tendência significativa para a chuva acumulada de novembro a março usando dados do Terraclimate.

No entanto, para a área em torno de Corinto houve tendência climática estatisticamente significativa ao nível de 1% para a evapotranspiração de novembro a março, com coeficiente de inclinação de 1,43. Este coeficiente significa, por exemplo, que desde a década de 1960, houve aumento de 14,3mm a cada década, ou que nos últimos 60 anos, a evapotranspiração no período de novembro a março aumentou 85,8mm. Relacionando este resultado com a ausência de tendência na precipitação nas últimas décadas, significa que a umidade do solo tem diminuído, e assim será no futuro, se estas tendências persistirem, haja vista, o aumento na perda de água por evapotranspiração, mas a “manutenção” (sem tendência) do ganho de água pela precipitação.

## Conclusão

Diante dos resultados apresentados, pode-se concluir que:

Em média, o PC começa no dia 22 de outubro, termina em 9 de abril e dura 170 dias;

O início do PC (IPC) entre 19 e 30 de outubro, o final (FPC) entre 28 de março e 15 de abril e a duração (DPC) entre 153 e 176 dias foi considerado dentro da normalidade;

Precipitação acumulada de novembro a março (meses inteiros que envolvem o PC) entre 729 e 905mm foi considerada ‘normal’. Abaixo do referido limiar inferior e acima do limiar superior, configurou-se um cenário seco/muito seco e chuvoso/muito chuvoso, respectivamente;

O IPC apresentou maior variabilidade na década de 1980 até meados da década de 1990;

Em anos de La Niña, houve tendência de que o PC inicie precocemente ou dentro da normalidade e que a precipitação de novembro a março resulte em valores acima do normal; e abaixo para anos de El Niño;

Houve correlação entre o IPC com a precipitação de novembro a março e, principalmente, com a DPC;

Desde a década de 1980, o maior veranico durou 30 dias, e seis, foi o maior número de ocorrências de veranicos com duração igual/superior a 10 dias;

Quase 70% das ocorrências foram registrados de dois a quatro veranicos com duração igual ou superior a 10 dias dentro dos períodos chuvosos e em apenas 11,2% houve mais do que cinco registros;

Cerca de 72% dos casos, os maiores veranicos observados em cada PC, duraram entre 11 a 20 dias.

## **Referências**

- ALVES, L. M.; MARENGO, J. A.; CAMARGO, J. R.; CASTRO, C. A. C. Início da estação chuvosa na região Sudeste do Brasil: Parte 1 – estudos observacionais. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.20, n.3, p.385-394, 2005.
- COSTA, R. A.; QUEIROZ, A. T. Definição da duração da estação seca e estação chuvosa e sua influência na agricultura no município de Ituiutaba-MG. *Revista Brasileira de Climatologia*, v.28, p.391-405, 2021.
- FARIAS, J. R. B.; ASSAD, E. D.; ALMEDIDA, I. R. Caracterização de risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.9, n.3, p.415-421, 2001.
- GAN, M. A.; KOUSKY, V. E.; ROPELEWSKI, C. F. The South American monsoon circulation and its relationship to rainfall over West-Central Brazil. *Journal of Climate*, v.17, p.47-66, 2004.
- GAN, M. A.; RODRIGUES, L. R.; RAO, V. B. Monção na América do Sul. In: CAVALCANTI, I. F. de A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J. da; DIAS, M. A. F. da S. (Org.) *Tempo e clima no Brasil*. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2009, cap. 19, p.297-316.
- GOOGLE MAPS. Corinto, MG. Disponível em: [www.google.com.br/maps](http://www.google.com.br/maps). Acesso em: junho de 2023.
- GRIMM, A. M.; FERRAZ, S. E. T. Sudeste do Brasil: uma região de transição no impacto de eventos extremos da Oscilação Sul. Parte II: La Niña. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 10, 1998, Brasília. Anais...Brasília, DF: SBMET, 1998.CD-Rom.
- MACHADO, M. A.de M.; SEDIYAMA, G. C.; COSTA, J. M. N. da; COSTA, M. H. Duração da estação chuvosa em função das datas de início do período chuvoso para o estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.4, n.2, p.73-79, 1996.
- MARENGO, J. A.; LIEBMANN, B.; GRIMM, A. M.; MISRA, V.; SILVA DIAS, P. L.; CAVALCANTI, I. F. A.; CARVALHO, L. M. V.; BERBERY, E. H.; AMBRIZZI, T.; VERA, C. S.; SAULO, A. C.; NOGUES-PAEGLE, J.; ZIPSER, E.; SETH, A.; ALVES, L. M. Review recente development son the South American monsoon system. *International Journal of Climatology*, v.32, n.1, p.1-21, 2012.
- MINUZZI, R. B.; SEDIYAMA, G. C.; RIBEIRO, A.; COSTA, J. M. N. da. El Niño: ocorrência e duração dos veranicos do Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, n.3, p.364-371, 2005.
- MINUZZI, R. B.; SEDIYAMA, G. C.; BARBOSA, E. da M.; MELO JÚNIOR, J. C. F de. Climatologia do comportamento do período chuvoso da região Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.22, n.3, p 338-346, 2007.

LARKIN, N.K.; HARRISON, D.E. Global seasonal temperature and precipitation anomalies during El Niño autumn and winter. *Geophysical Research Letters*, v.32, n.16, p.1-4, 2005.

ROLDÃO, A.; ASSUNÇÃO, W. L. Caracterização e duração das estações seca e chuvosa no Triângulo Mineiro/MG. *Revista Geonorte*, v.1, n.5, ed. esp.2, p.428-440, 2012.

SANSIGOLO, A. S. Variabilidade interanual da estação chuvosa em São Paulo. *Climanálise*, v.4, n.9, p.40-43, 1989.

SILVA, E. D.; REBOITA, M. S. Estudo da precipitação no estado de Minas Gerais – MG. *Revista Brasileira de Climatologia*, v.13, p.120-136, 2013.

# CARACTERIZAÇÃO QUANTITATIVA E QUALITATIVA DE EFLUENTE DE ABATEDOURO DE FRANGO NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE-MG

**Hully Ferreira Loureiro**

*Mestranda em Sustentabilidade e Recursos Hídricos, UninCor, Três Corações - MG,  
hullyferreira01@gmail.com*

 <https://www.linkedin.com/in/hully-ferreira-loureiro-916001124>

**Silvio José Bonni**

*Mestrando em Sustentabilidade e Recursos Hídricos, UninCor, Três Corações - MG,  
silvio@sbseg.eng.br*

 <http://lattes.cnpq.br/9647253906755583>

**Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques**

*Dr.<sup>a</sup> em Recursos Hídricos, Prof.<sup>a</sup> Universidade Vale do Rio Verde - UninCor, Três Corações - MG,  
roeflorestal@hotmail.com*

 <https://orcid.org/0000-0001-6646-0809>

**Luciano dos Santos Rodrigues**

*Dr. em Ciência Animal, Prof. Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte - MG,  
lsantosrodrigues@gmail.com*

 <https://orcid.org/0000-0003-0555-8305>

**Fabrcio dos Santos Ritá**

*Dr. em Promoção de Saúde, Prof. Instituto Federal Sul de Minas – IFSul de Minas, Campus Muzambinho,  
fabriciosantosrita@gmail.com*

 <https://orcid.org/0000-0003-2009-3673>

**Claudiomir da Silva dos Santos**

*Dr. em Promoção de Saúde, Prof. Instituto Federal Sul de Minas – IFSul de Minas, Campus  
Muzambinho, claudiomirsilvasantos@gmail.com*

 <https://orcid.org/0000-0002-0007-7273>

## **Introdução**

Segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), em 2022 o Brasil assumiu o posto de segundo maior produtor de frango do mundo, o que favoreceu o mercado foi a incorporação de novas tecnologias que fez com que reduzisse os custos de energia melhorando os setores de produção. No ano de 2021 o mercado de frangos no Brasil, faturou cerca de 108,926 bilhões de reais, sendo um grande impulsionador da economia nacional, e um dos maiores mercados no setor alimentício impulsionando a economia nacional e gerando emprego em vários setores (IBGE, 2022). Um dos fatores preocupantes que se deve levar em conta com o desenvolvimento industrial é a disponibilidade hídrica, este assunto vem ao longo dos anos sendo debatido e preocupa cada vez mais a sociedade, os efluentes industriais são atualmente os maiores e mais sérios causadores de poluição. De acordo com Macêdo (2006, apud NOGUEIRA, 1999), 1 kg de frango para ser produzido consome 3500 litros de água, para o abate se consome de 25 a 50 litros de água por cabeça (BRAILE & CAVALCANTE, 1993).

A qualidade desses efluentes tem chamado muito a atenção em relação ao seu lançamento devido à escassez e esgotamento de recursos hídricos pelo fato de o volume de água utilizado ser elevado, sendo necessários estudos para melhorar os métodos de tratamento buscando alcançar os padrões exigidos pelos órgãos ambientais (GHORBANI & SALEM, 2021).

Devido à alta toxicidade do efluente, é extremamente necessário tratá-lo antes de sua disposição em corpos d'água ou no solo, existem alguns parâmetros químicos, físicos e biológicos, como demanda química de oxigênio, oxigênio dissolvido, pH, temperatura, concentração de metais e de sais, entre outros, que devem ser monitorados e controlados para garantir que o corpo d'água onde o efluente é despejado não sofra contaminações e assegurar que o meio ambiente não seja danificado (VON SPERLLING, 2005).

A resolução CONAMA, Nº 430, de 2011 estabelece padrões e condições necessárias para o lançamento do efluente tratado em relação à classe de enquadramento do corpo hídrico. Dentre esses padrões de lançamento estão os níveis de pH (entre 5 a 9), temperatura (inferior a 40°C) e remoção de 60% da DBO (CONAMA, 2011). Como a resolução do CONAMA não traz valores para níveis de DQO, isso se torna responsabilidade de órgãos estaduais.

Segundo Rodrigues et al. (2012), abatedouros avícolas apresentam altos valores de (DBO) demanda bioquímica e (DQO) demanda química de oxigênio devido a presença de sangue, gorduras e proteínas, possuindo concentração de matéria orgânica muito superior ao esgoto doméstico. De acordo com Dezzoti (2008), um dos parâmetros mais importantes a ser avaliado nos efluentes com alta carga orgânica é a DQO se tratando da quantidade de oxigênio necessária para degradar quimicamente as substâncias presentes no efluente. Begnini e Ribeiro (2014) afirmam que, se forem lançados efluentes com DQO elevado, crescem o número de microrganismos devido à alta carga de matéria orgânica isso faz com que o oxigênio dissolvido seja consumido mais rapidamente prejudicando a qualidade da água já que a redução de oxigênio pode ser significativa.

Os diversos parâmetros para representar a qualidade da água e efluentes são traduzidos a partir das características físicas, químicas e biológicas, as físicas se associam em maior parte aos sólidos presentes na água, as químicas interpretadas em matéria orgânica ou inorgânica, as biológicas aos microrganismos presentes na água, conforme Von Sperlling (2005).

Segundo Sunada (2011), os efluentes de abatedouros avícolas possuem composição rica em gorduras e sólidos em suspensão e existem recomendações distintas para o tempo de retenção hidráulica nos processos de biodigestão anaeróbia, pois podem apresentar atraso nas taxas de degradação e assim variam o período podendo aumentar para que a digestão seja eficiente na retirada de carga poluente. A vazão é um parâmetro importante para determinar o tempo de detenção hidráulica na ETE, pois ela indica o transporte conjunto de todos os poluentes, precisando a quantidade de líquidos, sólidos ou gases que passam por um determinado local durante um intervalo de tempo, ela também influencia no tempo de detenção hidráulica.

Conforme Mierzwa (2002), devido à grande variedade de atividades desenvolvidas pelas indústrias os problemas mais sérios de poluição são causados por ela, pois apresentam os mais variados tipos de substâncias em sua composição, muitas causam efeitos adversos e tóxicos aos animais e seres humanos. A questão fundamental que envolve os efluentes líquidos industriais é como diminuir os danos ambientais causados por esse tipo de resíduo. Logo, é necessário a busca por formas mais eficientes que evitem os despejos brutos nos corpos d'água, deve-se buscar encontrar formas em que as atividades humanas, indispensáveis para sua sobrevivência, sejam menos danosas ao meio ambiente, preservando o que se tem hoje para as próximas gerações.

De acordo com Loop e Mendes (2020), com o aumento do consumo de carne no Brasil, sua produção também sofreu um aumento por consequência, e isso gerou novas preocupações relacionadas ao meio ambiente no setor frigorífico, desenvolvendo marcos e diretrizes legais para regular essas atividades, as principais leis que dizem respeito a esse setor estão ligadas aos padrões de qualidade dos efluentes gerados pelos frigoríficos e que são lançados nos corpos d'água. Neste contexto, objetiva-se neste estudo avaliar as características quantitativas e qualitativas do efluentes de um abatedouro de frigorífico de frango na região metropolitana de Belo Horizonte-MG.

## **Material e Métodos**

O trabalho foi realizado no abatedouro de aves situado na região metropolitana de Belo Horizonte/MG. A região possui clima tropical de altitude, com verões quentes e chuvosos e invernos secos, com precipitação média anual de 1362,9mm e temperatura média anual de 20,9°C (CLIMATE DATA, 2023).

O abatedouro possui capacidade de abater até 3000 aves dia<sup>-1</sup>, e um consumo de água na planta de 30 litros por ave, que resulta em uma vazão afluente teórica de 90 m<sup>3</sup>dia<sup>-1</sup>.

O monitoramento do processo foi realizado por meio de coletas de amostras compostas para análises físicas, químicas e bacteriológicas, no período de novembro de 2020 a dezembro de 2021,

sendo as amostras quinzenais, totalizando 26 amostragens. Os procedimentos de lavagem, coleta e preservação de amostras obedeceu às normas estabelecidas (ABNT, 1987).

Para a caracterização quantitativa e qualitativa foram realizadas medições de vazão e avaliadas as características qualitativas. Assim, para medição da vazão do efluente bruto foi instalada uma calha Parshall. As vazões foram medidas durante o período de abate (07:00 às 12:00 horas), de hora em hora, sendo amostras compostas (VON SPERLING, 2005), momento em que também foram medidas as temperaturas ambientes mínima e máxima.

As análises físico-químicas de rotina foram realizadas conforme descrito no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005). Foram avaliadas as características de DBO, DQO, Óleos e Graxas, Sólidos Suspensos, Sólidos Sedimentáveis, pH, Temperatura. As análises foram realizadas no laboratório da UFMG.

Posteriormente foi calculada a carga poluidora e o equivalente populacional do efluente e a relação DQO/DBO. Os resultados de monitoramento foram avaliados por meio de estatística descritiva básica no programa do Excel.

## Resultados e Discussão

A Figura 1 apresenta a vazão média diária ( $m^3.d^{-1}$ ) durante o período de monitoramento.

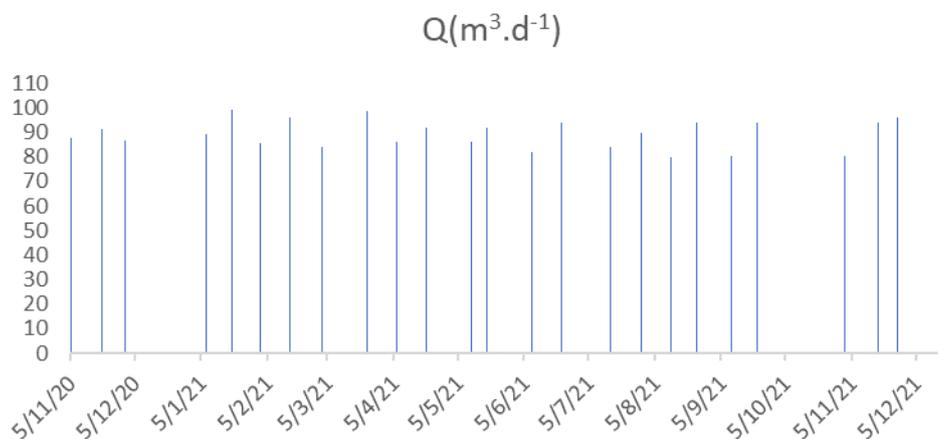


Figura 1. Vazão média diária de efluente bruto de abatedouro de frigorífico no período monitorado.

Observou-se que as vazões são próximas da vazão teórica de  $90 m^3.d^{-1}$ , com valor médio de  $89,1 m^3.d^{-1}$  e desvio padrão de 5,8 variando de 79,9 a  $99,1 m^3.d^{-1}$ . Entretanto, durante o período monitorado a primeira quinzena de cada mês analisado apresenta-se em menores quantidades, isso pode ser devido ao processo produtivo do empreendimento. Contudo, a vazão de  $99,1 m^3.d^{-1}$  é aumentada em pelo menos 10%, podendo interferir em um processo de tratamento desses efluentes.

A Tabela 1 apresenta a estatística descritiva dos parâmetros de caracterização qualitativa e quantitativa do efluente bruto de abatedouro de aves.

Tabela 1. Estatística descritiva dos parâmetros de caracterização qualitativa e quantitativa do efluente bruto de abatedouro de aves

|            | DBO                                | DQO    | OG    | SS     | Sólidos sed.                          | ABS  | pH  | Temp | Q <sub>méd</sub><br>(m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ) | Q <sub>méd</sub> (m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ) |
|------------|------------------------------------|--------|-------|--------|---------------------------------------|------|-----|------|--|---|
| Média      | 1332,7                             | 3334,5 | 143,0 | 911,8  | 18,0                                  | 1,7  | 6,8 | 23,9 | 3,7  | 89,1  |
| Desv. Pad. | 1051,9                             | 1658,5 | 128,4 | 540,1  | 14,6                                  | 2,1  | 0,5 | 2,7  | 0,2  | 5,8   |
| Mínimo     | 240,0                              | 897,3  | 12,7  | 230,0  | 1,5                                   | 0,0  | 5,5 | 18,0 | 3,3  | 79,9  |
| Máximo     | 3860,0                             | 8536,0 | 463,0 | 2410,0 | 68,0                                  | 10,0 | 7,5 | 32,0 | 4,1  | 99,1  |
|            | Carga de DBO (Kg.d <sup>-1</sup> ) |        |       |        | Equivalente Populacional (habitantes) |      |     |      |  |   |
| Média      | 118,7                              |        |       |        | 2198,0                                |      |     |      |  |   |
| Mínima     | 19,2                               |        |       |        | 355,2                                 |      |     |      |  |   |
| Máximo     | 382,6                              |        |       |        | 7085,2                                |      |     |      |  |   |

Em relação a DBO, os efluentes brutos apresentam concentração de 240 a 3860,0 mg.L<sup>-1</sup> com valor médio de 1332,7 mg.L<sup>-1</sup> e desvio padrão de 1051,9 e os valores de DQO de 897,3 a 8536 mg.L<sup>-1</sup> e valor médio de 3334,5 mg.L<sup>-1</sup> com desvio padrão de 1658,5 estando abaixo da literatura, com valores entre 1.500 e 5.500 mg.L<sup>-1</sup> de DBO e de 2.000 a 7.400 mg.L<sup>-1</sup> de DQO, conforme encontrado por Dasmaceno (2009) e Schatzman (2009). Estudos realizados por Rodrigues et al. (2016) no mesmo empreendimento, apresentou concentrações mais elevadas de DBO média de 1903 mg.L<sup>-1</sup> e DQO média de 3626 mg.L<sup>-1</sup> com o abate da mesma quantidade de aves e a mesma vazão.

Ressalta-se que ainda, que, conforme Rodrigues et al. (2008), abatedouros avícolas apresentam altos valores de (DBO) demanda bioquímica e (DQO) demanda química de oxigênio devido a presença de sangue, gorduras e proteínas, possuindo concentração de matéria orgânica muito superior ao esgoto doméstico. Assim, a carga poluidora de DBO apresenta valor médio de 118,7 Kg.d<sup>-1</sup>, variando de 19,2 a 382,6 Kg.d<sup>-1</sup>.

Em relação ao potencial poluidor de um empreendimento desse porte, o equivalente populacional variou 355,2 a 705,2 habitantes, com o equivalente populacional médio foi de 2198 habitantes, o que significa afirmar que o abatedouro de aves polui o equivalente a uma população média de 298 habitantes.

A relação DQO/DBO média foi de 2,5 significando que para o caso de tratamento desses efluentes, é indicado o tratamento biológico (VON SPERLLING, 2005).

Em relação ao pH, observou-se que o efluente gerado é de 6,8, sendo considerado neutro e dentro dos parâmetros da legislação DN COPAM-CERH 08/2022, não oferecendo grandes riscos ao meio ambiente. A temperatura também não oferece grandes riscos variando de 18°C no mês mais frio (julho de 2021) a 32°C, com média de 23,8°C.

Conforme Silvestre (2018), os valores encontrados para sólidos suspensos e substâncias oleosas também se encontra dentro dos valores esperado. Entretanto, o autor ressalta que, a concentração desse parâmetro pode variar bastante de indústria para indústria, devido aos processos de produção e presença ou não de unidades de apoio, tais como oficinas mecânicas e lavadores de veículos.

Observou-se que os valores médios quando comparados aos de Damasceno et al. (2019) em todos os parâmetros estiveram abaixo no presente estudo. Entretanto, cabe ressaltar que, os estudos de Damasceno et al. (2019) possui uma vazão de 298,7 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> de efluente, com o abate de 450.000 aves sendo o empreendimento de maior porte. No estudo de Silvestre (2018), as concentrações de DBO, DQO, óleos, pH e graxas são maiores também. Entretanto, os sólidos suspensos são menores do que as do presente estudo.

## **Conclusão**

A vazão média do efluente bruto é 89,1 m<sup>3</sup>.d<sup>-1</sup>, que pode ser influenciado devido ao porte do empreendimento.

O efluente do abatedouro de frangos possui concentrações médias de DBO e DQO de 1332,7 e 3334,5 mg.L<sup>-1</sup> respectivamente, com uma relação DQO/DBO de 2,5. Carga orgânica de DBO é de 118,7 Kg.d<sup>-1</sup> equivalente populacional de 2198 habitantes.

Os parâmetros avaliados foram menores do que o da literatura.

## **Referências Bibliográficas**

- ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório anual de atividades 2021. São Paulo: Agência Capella, 2022. 142p. Disponível em: <https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2022/05/Relatorio-Anual-ABPA-2022-1.pdf>. Acesso em: 30.06.2023
- APHA. American Public Health Association. American Water Works Association and Water Environment Federation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 24<sup>a</sup> ed. Washigton 2005.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9898: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores: Referências. Rio de Janeiro, 1987.
- BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. Manual de tratamento de águas residuárias industriais. São Paulo: Cetesb, 1993.
- BRASIL Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução N° 430, de 13 de Maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes.
- CLIMATE DATA. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/belo-horizonte-2889/>. Acesso em: 07 de agosto de 2023.
- DAMASCENO, S.; MEES, J. B. R.; COSTA JUNIOR, I. L.; BALDESSAR, V. T.; SHUMMAN, M. S. Caracterização e readequação de sistema de tratamento de efluentes de frigorífico de aves. In: Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais, 1, 2019, Florianópolis. Anais...Florianópolis. 2019.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Abate de frangos e suínos bate recorde e o de bovinos volta a cair em 2021. 2022. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/33210-abate-de-frangos-e-suinos-bate-recorde-e-o-de-bovinos-volta-a-cair-em-2021>. Acesso em: 30.06.2023.

- LOOP, P. L.; MENDES, A. T. Análise de sistemas de tratamento de efluentes de abatedouros bovinos por lagoas de estabilização e por reator UASB seguido de lagoa de polimento. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, Desarrollo y Práctica*, v.13 n.2, p.640–654, 2020.
- MACÊDO, J. A. B. de. Otimização de uso da água na avicultura. In: Conferência APINCO, 2006, Santos. Anais...Santos, 2006.
- MIERZWA, J. C. O uso racional e o reúso como ferramentas para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria - estudo de caso da Kodak Brasileira. 368f. Tese (Doutorado). Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.
- MINAS GERAIS. Deliberação normativa conjunta COPAM/CERH-MG, n°01, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário do Executivo, Minas Gerais, DF*, 12 de dezembro 2022. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=56521>. Acesso em: 28 jul. 2023.
- PEREIRA, E. L. et al. Physico-chemical and Ecotoxicological Characterization of Slaughterhouse Wastewater Resulting from Green Line Slaughter. *Water, Air & Soil Pollution*, n.227, v.6, p.1-12, 2016.
- RODRIGUES, L. S.; SILVA, I. J.; LOPES B. C. Caracterização de águas residuárias em sistemas de produção animal. *Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia*, n.66, p.52-70, 2012.
- RODRIGUES, L. S. et al. Tratamento de efluentes de abatedouro de frangos por meio de reator UASB seguido de filtro anaeróbio. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.68, p.97-103, 2016.
- SILVESTRE, L. H. S. N. Desempenho Ambiental do Sistema de Tratamento de Efluentes de Indústria de Abate e Industrialização de Carne de Aves: Estudo de Caso HG Foods – EPP – Unidade Santa Luzia/MG. 58f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Engenharia Ambiental e Sanitária. Belo Horizonte, 2018.
- SCHATZMAN. Tratamento avançado de efluentes de frigorífico de aves e o reúso de água 108f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2009.
- SUNADA, N. DA S. E C. Efluente de abatedouro avícola: processos de biodigestão anaeróbia e compostagem. 75f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, 2011.
- VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. In: *Princípios do tratamento biológico de águas residuais*. 3. ed. v.1. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 2005.

# MAPEAMENTO DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA IRRIGADA PARA O SORGO (SORGHUM BICOLOR) EM BACIA HIDROGRÁFICA UTILIZANDO SIG

**Paulo Roberto Megna Francisco**

Doutorando em Eng. de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB, paulomegna@gmail.com

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

**Viviane Farias Silva**

Dra. Profa. Associada, UFCG, Patos-PB, viviane.farias@professor.ufcg.edu.br

 <http://orcid.org/0000-0002-5891-0328>

**Djail Santos**

Dr. Prof. Titular, UFPB, Areia-PB, santosdjail@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0003-2207-3115>

**George do Nascimento Ribeiro**

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

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

**Raimundo Calixto Martins Rodrigues**

Doutorando em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, calixto\_80@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-8437-7857>

**José Crispiniano Feitosa Filho**

Phd. Prof. Associado IV, DSER, CCA, UFPB, jcfeitosafilho@gmail.com

<http://lattes.cnpq.br/1161881618455980>

## **Introdução**

O sorgo é uma planta de origem tropical, de dias curtos e com altas taxas fotossintéticas, exigindo, por isso, um clima quente para poder expressar seu potencial de produção (MAPA, 2014). A cultura, com características xerófilas, é considerada tolerante a períodos secos, notadamente em regiões do Nordeste do Brasil (TABOSA et al., 2002). De acordo com Barros et al. (2012) os estados da região Nordeste, em função da irregularidade no regime de chuvas, o cultivo do sorgo é realizado durante a estação chuvosa, período curto e com distribuição irregular, caracterizado, ainda, por ocorrência de veranicos, com 15 a 20 dias sem chuvas. As condições climáticas durante o desenvolvimento e o crescimento da cultura são importantes para a qualidade do produto e produção final.

A cultura do sorgo exige em torno de 300 a 400mm de precipitação pluviométrica, distribuídos regularmente durante o seu ciclo de crescimento e desenvolvimento para que se alcancem níveis de produtividade satisfatórios, sem a necessidade de irrigação suplementar. A cultura tolera ocorrências de deficiência hídrica, inclusive pequenos veranicos, sendo considerada resistente à seca. As fases fenológicas críticas da cultura correspondem ao estágio de plântula e no florescimento, sendo importante nessas épocas um adequado nível de suprimento de água para uma boa produção (TABOSA et al., 2002; BARROS et al., 2012).

O maior uso de grãos de sorgo no Brasil está na avicultura e suinocultura. Bovinos, equinos e pequenos animais são também consumidores, mas em menor proporção. Praticamente não há consumo de sorgo em alimentação humana (EMBRAPA, 2008). A planta é utilizada para silagem ou corte verde, para pastejo e os grãos, em rações animais e para o consumo humano (BUSO et al., 2011).

De acordo com EMBRAPA (2012), quanto ao solo, o sorgo é uma cultura tolerante a diversas condições de fertilidade natural, podendo ser cultivado em solos que variam de textura argilosa a ligeiramente arenosa (LANDAU & SANS, 2011). Algumas cultivares são relativamente tolerantes à salinidade. Para alcançar boas produtividades, o sorgo requer solos profundos e bem drenados, ricos em matéria orgânica, relevo plano e declividade inferior a 5%. Por outro lado, não tolera solos ácidos, notadamente com teores de  $Al_3^+$  elevado além daqueles mal drenados. A cultura é principalmente exigente nos elementos nitrogênio e potássio (COELHO et al., 2002).

O crescimento econômico e a exploração do meio rural têm sido constantemente prejudicados pela falta de um planejamento mais realístico, que tenha como base o conhecimento dos recursos naturais e da dinâmica de sua apropriação (FRANCISCO, 2010). Desse modo, um bom planejamento rural é indispensável para ordenar o uso das terras, evitar ou minimizar problemas ambientais e melhorar a competitividade do setor agrícola (BARROS et al., 2012). De acordo com Ballestero et al. (2000), o conhecimento das características dos solos constitui fator fundamental para o planejamento adequado do uso da terra, bem como de seu manejo racional.

O conhecimento dos recursos naturais (solos, clima, vegetação e relevo) constitui parte do embasamento indispensável para a avaliação do potencial de uso das terras. Estas informações, combinadas com os contextos sociais, econômicos e culturais, levam à possibilidade de análise das

oportunidades, das restrições e dos impactos ligados ao uso da terra. Desse modo, é possível identificar áreas com maior ou menor aptidão para as mais diversas atividades, sejam agrícolas ou não, considerando aspectos de equidade e justiça social e responsabilidade no uso dos recursos naturais, visando benefícios coletivos (BENEDETTI et al., 2008).

Com o advento da informática, o uso de geotecnologias, do Sistema de Informações Geográficas, a evolução dos sistemas computacionais para estudos de análise ambiental, tem proporcionado excelentes resultados no processo de automação da maioria dos trabalhos executados de forma convencional e tem permitido o processamento de um grande volume de informações relevantes para tomadas de decisão (CARVALHO et al., 2009; CÂMARA & MEDEIROS, 1996; FERNANDES et al., 1998). Neste contexto, o sistema de informação geográfica é uma tecnologia que abrange cada vez mais projetos ambientais, sendo um agente facilitador na tomada de decisão (FRANCISCO et al., 2011).

Visando subsidiar um melhor planejamento de uso das terras e de aplicação de recursos econômicos na produção da cultura do sorgo, este trabalho objetiva para a bacia hidrográfica do médio curso do rio Paraíba, avaliar e mapear o potencial da produção agrícola irrigada utilizando técnicas de geoprocessamento.

### **Material e Métodos**

A área de estudo compreende a região do médio curso do rio Paraíba com área de 379.406,37 ha localizada no Estado da Paraíba, considerada a 6ª maior bacia (Figura 1), composta total e/ou parcialmente pelos municípios de Aroeiras, Alcantil, Barra de Santana, Boa Vista, Boqueirão, Barra de São Miguel, Caturité, Campina Grande, Fagundes, Gado Bravo, Itatuba, Natuba, Pocinhos, Puxinanã, Queimadas, Riacho de Santo Antônio, Santa Cecília e Umbuzeiro.

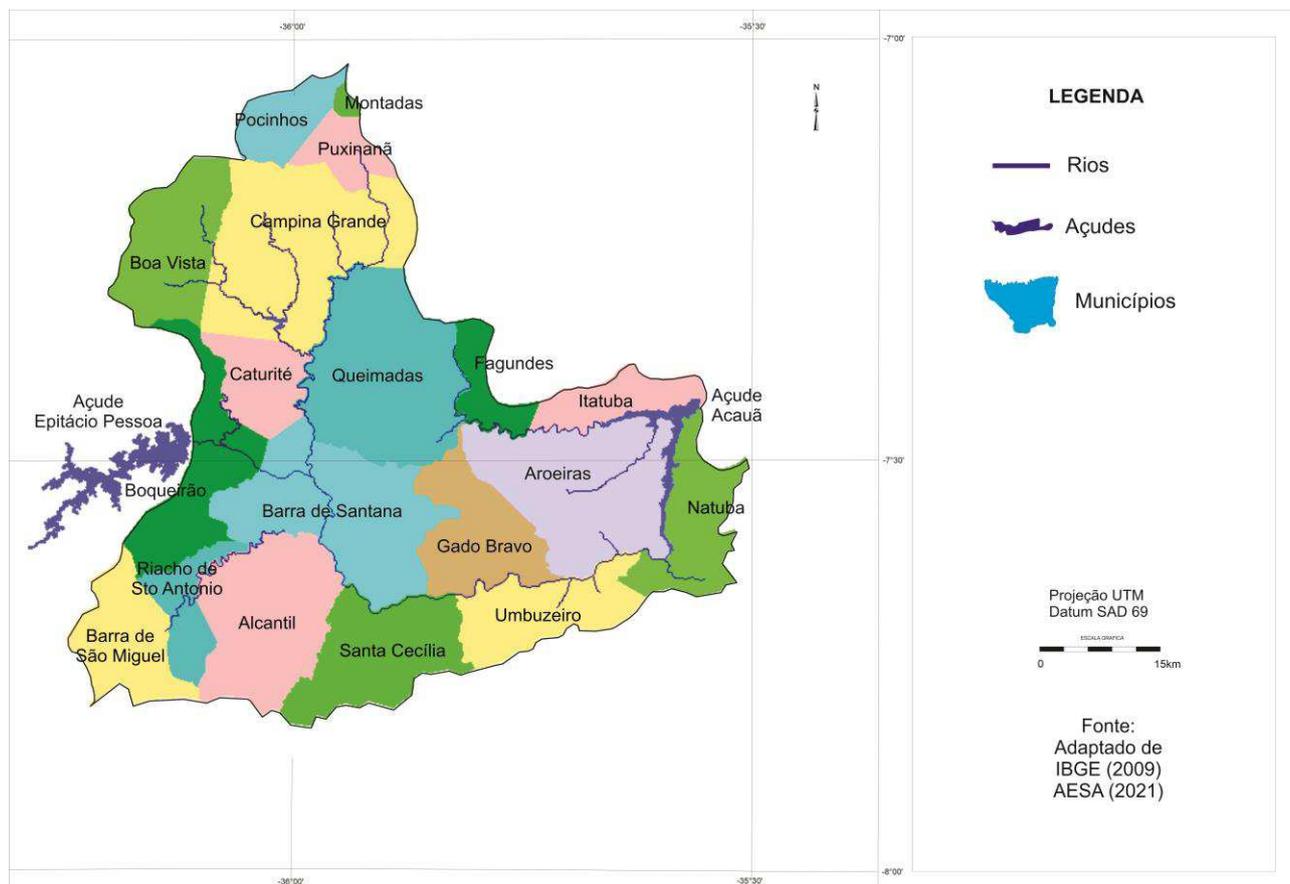


Figura 1. Localização da área de estudo. Fonte: adaptado de IBGE (2009); AESA (2021).

Conforme Francisco (2010), a área de estudo engloba a encosta oriental do Planalto da Borborema, porção leste da bacia, com o clima, segundo a classificação de Köppen, do tipo As' - Tropical Quente e Úmido com chuvas de outono-inverno. A precipitação decresce do litoral para o interior da região ( $600 \text{ mm}\cdot\text{ano}^{-1}$ ) devido, principalmente, a depressão do relevo. Na porção oeste da bacia, o clima é do tipo Bsh - Semiárido quente, precipitação predominantemente, abaixo de  $600 \text{ mm}\cdot\text{ano}^{-1}$ , e temperatura mais baixa, devido ao efeito da altitude (400 a 700m).

A vegetação representativa da área de estudo é do tipo caatinga hiperxerófila (FRANCISCO, 2010). Os solos predominantes na área de estudo, conforme Campos e Queiroz (2006) são Luvisolos Crômicos órtico típico, Neossolos Litólicos Eutróficos típico, e Vertissolo Cromado Órtico típico, Planossolo Nátrico Órtico típico (Figura 2).

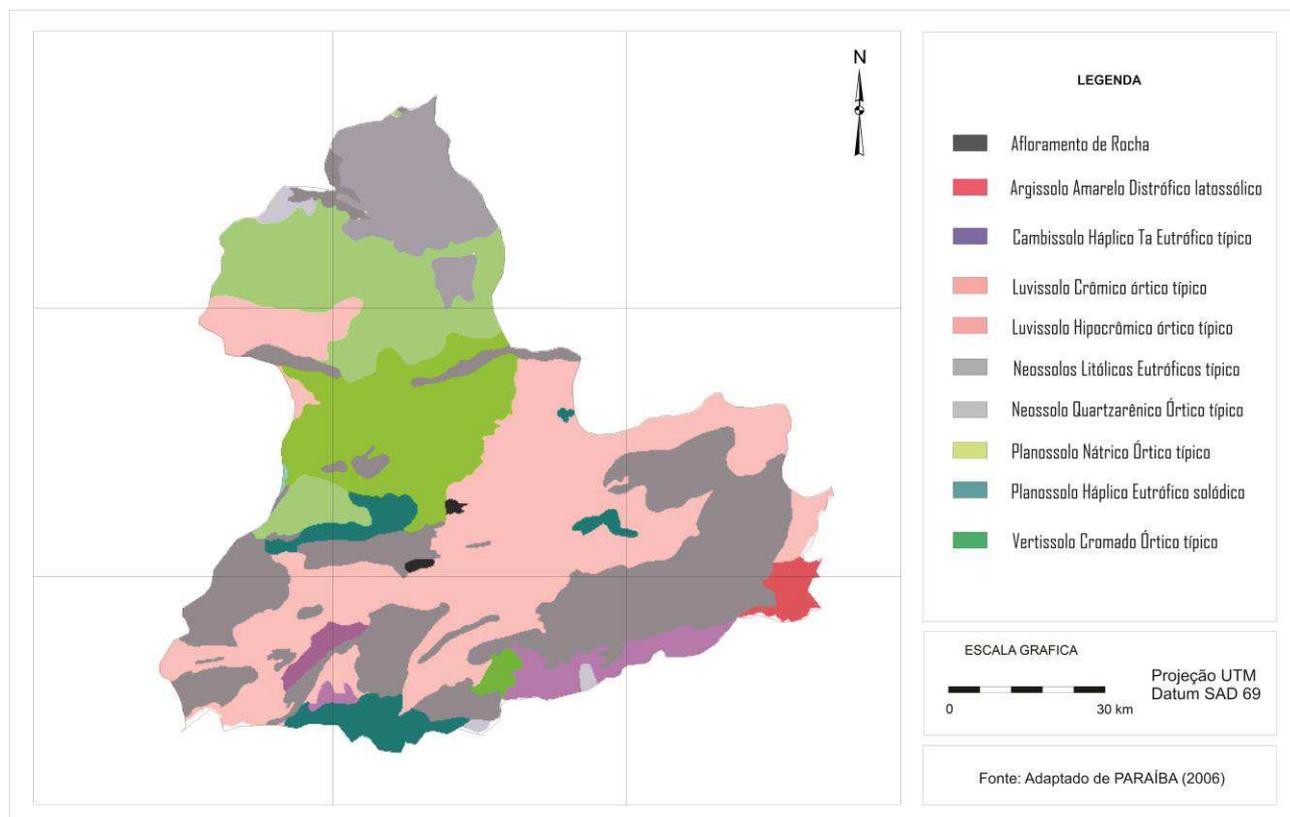


Figura 2. Mapa de solos da área de estudo. Fonte: adaptado de PARAÍBA (2006).

Baseada nas potencialidades e limitações de solo e de clima para cultura agrícola e considerando o uso da terra na condição de sequeiro (sem irrigação) e um cenário pluviométrico, foi elaborado o mapa do potencial de produção agrícola entre o cruzamento matricial do potencial de irrigação e de capacidade de retenção de água dos solos.

Para tal, foi utilizado o mapa de potencial de irrigação dos solos elaborado por Francisco et al. (2021) que utilizou a classificação do *Bureau of Reclamation* (BUREC, 1953) com adaptações desenvolvidas para as condições da região nordeste do Brasil por Cavalcanti et al. (1994), onde por este trabalho foi categorizado nas classes de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Classes do potencial de irrigação dos solos

| Classes de Irrigação |  |
|----------------------|--|
| I 1                  | Terras aráveis, altamente adequadas para agricultura irrigada  |
| I 2                  | Terras aráveis, com moderada aptidão para agricultura irrigada |
| I 3                  | Terras aráveis com aptidão restrita para agricultura irrigada  |
| I 4                  | Terras aráveis de uso especial                                 |
| I 5                  | Terras não-aráveis, mas em situação provisória                 |
| I 6                  | Terras não-aráveis   |

Também foi elaborado o mapa de capacidade de retenção de água dos solos baseado na metodologia do MAPA (2008) e de Francisco et al. (2011) utilizando as classes de capacidade de uso (PARAÍBA, 1978), onde foi possível classificar e elaborar o mapa categorizado conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Classificação da Capacidade de retenção de água dos solos

| Classe             | Condições do solo   |
|--------------------|---|
| T1 - Tipo 1        | Com teor de argila maior que 10% e menor ou igual a 15  |
| T2 - Tipo 2        | Com solos com teor de argila entre 15 e 35% e menos de 70% areia  |
| T3 - Tipo 3        | Com solos com teor de argila maior que 35%  |
| AP - Área Proibida | Sendo expressamente proibido o plantio de qualquer cultura que esteja em solos que apresentem teor de argila inferior a 10% nos primeiros 50 cm de solo; em solos que apresentem profundidade inferior a 50 cm; em solos que se encontra em áreas com declividade superior a 45%; e em solos muito pedregosos, isto é, solos nos quais calhaus e matacões ocupam mais de 15% da massa e/ou da superfície do terreno |

Fonte: MAPA (2008).

Após, foi gerado o mapa parcial através do cruzamento matricial dos mapas de potencial de irrigação dos solos e de capacidade de retenção dos solos, utilizando o LEGAL do SPRING 5.5. As classes foram definidas pelo mais alto grau de limitação imposto e categorizado pelas classes definidas conforme a Tabela 3.

Tabela 3. Classes do cruzamento matricial entre o mapa parcial de potencial de irrigação e o de capacidade de retenção de água no solo

| Classes Irrigação | Capacidade retenção de água no solo |     |     |     |
|-------------------|-------------------------------------|-----|-----|-----|
|                   | T1                                  | T2  | T3  | AP  |
| I1                | MA1                                 | MA2 | MA3 | MA4 |
| I2                | A1                                  | A2  | A3  | A4  |
| I3                | M1                                  | M2  | M3  | M4  |
| I4                | B1                                  | B2  | B3  | B4  |
| I5                | MB1                                 | MB2 | MB3 | MB4 |
| I6                | MB1                                 | MB2 | MB3 | MB4 |

Legenda: I-Irrigação; T- Cap. Ret. Água no Solo; MA-Muito Alto; A-Alto; M-Médio; B-Baixo; MB-Muito Baixo.

Os dados de precipitações climatológicas médias mensais e anuais foram adquiridos da base de dados coletado pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESPA), para o período de 109 anos entre 1912 a 2021 dos postos pluviométricos e selecionando-se os que possuem 30 ou mais anos de observações e procedida de uma análise no tocante à sua consistência, homogeneização e no preenchimento de falhas em cada série, sendo utilizada uma planilha eletrônica e elaborado o cálculo de pluviosidade. O mapa foi espacializado utilizando o software Surfer® 9 pelo método estatístico de interpolação por krigagem e após o mapa recortado utilizando os limites da bacia e importado ao SIG SPRING 5.5.

Utilizando o mapa de pluviosidade média anual foi elaborado o mapa da condição climática para a cultura da palma forrageira. A discriminação da condição climática foi adaptada de Francisco e Santos (2018) e da proposta de Varejão e Barros (2002). As classes foram definidos em 5 critérios determinadas de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4. Classes de condição climática para o sorgo

| Legenda | Condição Climática                       | Pluviosidade (mm) |
|---------|--|-------------------|
| C1      | Plena                                    | 550-600           |
| C2      | Plena com período chuvoso prolongado     | 600-650           |
| C3      | Moderada por excesso hídrico             | > 650             |
| C4      | Moderada por deficiência hídrica         | 500-550           |
| C5      | Inapta por deficiência hídrica acentuada | < 500             |

Fonte: adaptado de Francisco e Santos (2018).

Após foi elaborada uma linguagem no LEGAL do SPRING para geração do mapa de potencial de produção agrícola através do cruzamento matricial entre o mapa parcial e o mapa de cenário climático, conforme a categorização das classes descritas na Tabela 5.

Tabela 5. Classes do potencial de produção agrícola das culturas

| Potencial Parcial | Condição climática |     |     |     |     |
|-------------------|--------------------|-----|-----|-----|-----|
|                   | C1                 | C2  | C3  | C4  | C5  |
| IT1               | MA1                | MA2 | MA3 | MA4 | MB5 |
| IT2               | A1                 | A2  | A3  | A4  | MB6 |
| IT3               | M1                 | M2  | M3  | M4  | MB7 |
| IT4               | B1                 | B2  | B3  | B4  | MB8 |
| IT5-IT6           | MB1                | MB2 | MB3 | MB4 | MB9 |

Legenda: C-Condição climática; I-Irrigação; T- Cap. Ret. Água no Solo; MA-Muito Alto; A-Alto; M-Médio; B-Baixo; MB-Muito Baixo.

### Resultados e Discussão

De acordo com a Figura 3, observa-se Terras aráveis com aptidão restrita da classe 3, com área de 44.264,00 ha representando 11,67% da área total. Terras aráveis de uso especial da classe 4 com área de 32.029,00 ha representando 8,44% do total. As Terras não aráveis da classe 6 apresentam área de 303.113,37 ha em 79,89% da bacia. Estas estão distribuídas em toda a região da bacia onde ocorre diversidade de solos.

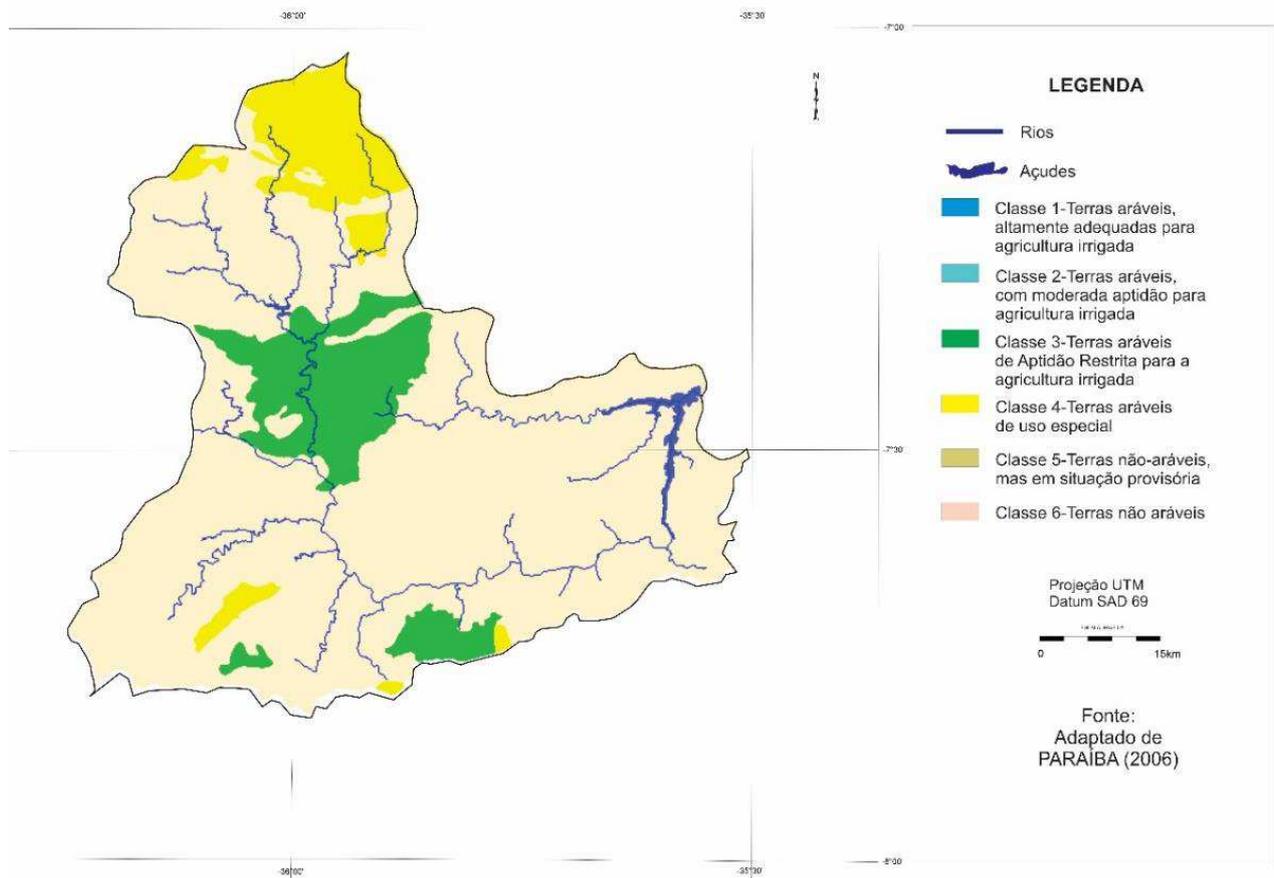


Figura 3. Potencial para irrigação da área de estudo. Fonte: Francisco et al. (2021).

Identifica-se 64.041,00 ha de terras do Tipo 1 (Figura 4) representando 16,88% da área total da bacia. As áreas de terras do Tipo 2 perfazem 71.135,00 ha, representando 18,75% da área total. As áreas de terras do Tipo 3 perfazem um total de 64.284,00 ha, representando 16,94% da área. As áreas identificadas como Proibidas totalizam 179.946,37 ha, representando 47,43% da área distribuídas pela bacia.

As áreas recomendadas para irrigação mapeadas por este trabalho (Figura 5) apresentam para a classe Média área de 44.250,12 ha representando 11,66% do total. A classe Baixa com 32.016,51 ha de área representando 8,44% do total localizada ao norte da bacia. A classe Muito Baixa em 79,90% da área com 303.139,74 ha distribuída por toda a bacia hidrográfica.

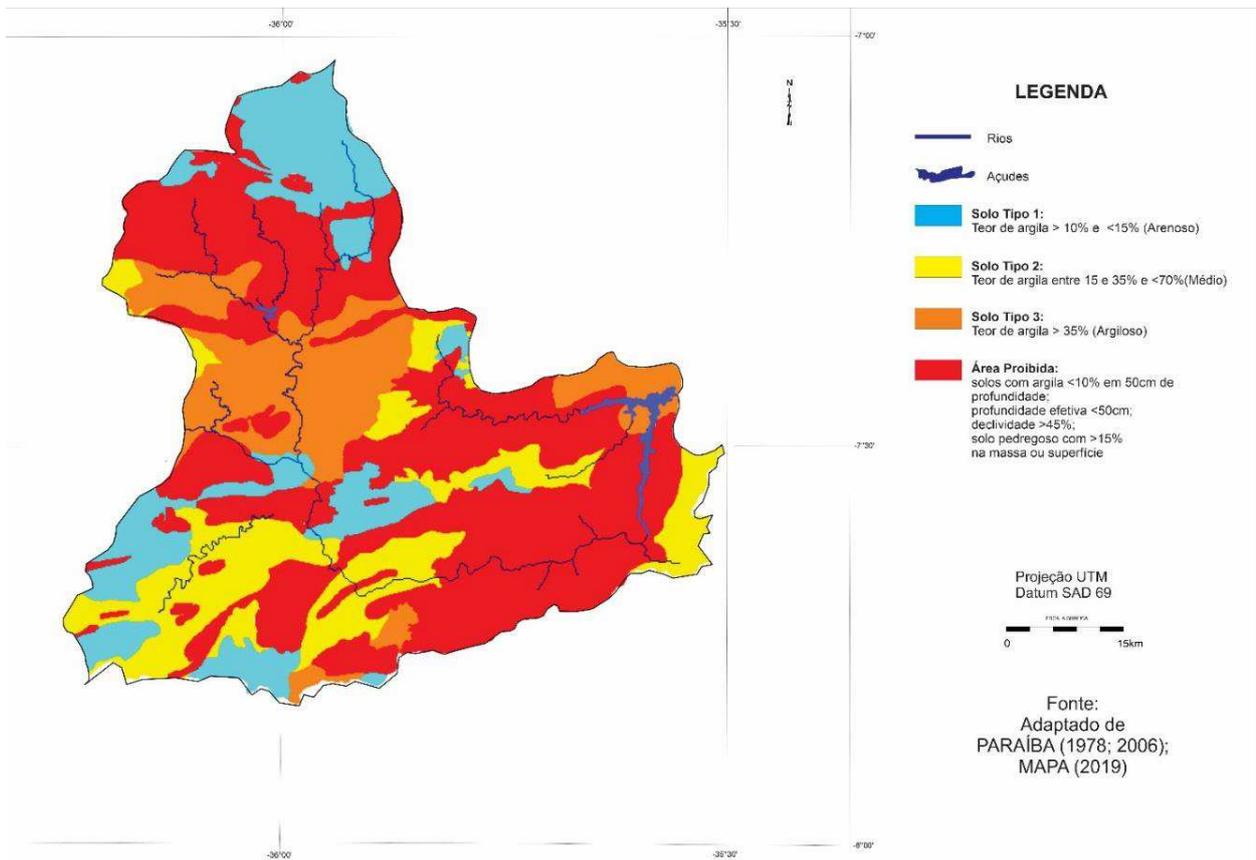


Figura 4. Capacidade de retenção de água no solo da área de estudo.  
Fonte: Adaptado de PARAÍBA (1978; 2006); MAPA (2019).

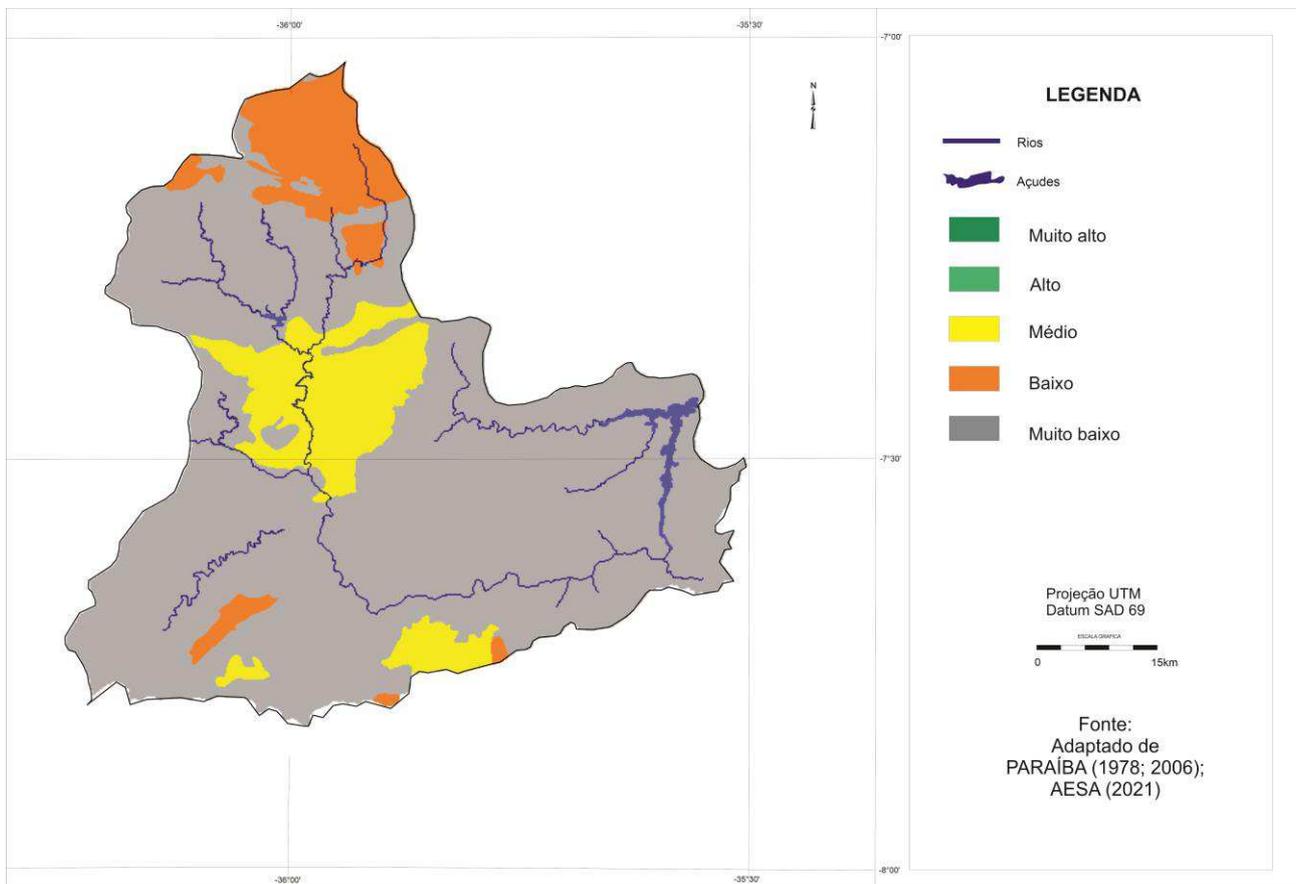


Figura 5. Recomendação para irrigação.  
Fonte: Adaptado de PARAÍBA (1978; 2006); AESA (2021).

No mapa da condição climática para cultura do sorgo (Figura 6), observa-se que 6,51% da área da bacia em 24.716,88 ha apresenta condição climática Plena (C1). Essa área está localizada ao sudeste da bacia nos municípios de Natuba, Aroeiras e Umbuzeiro.

A classe plena com período chuvoso prolongado (C2) apresenta-se em 7.122,60 ha em 1,88% da bacia localizado somente no município de Natuba ao sudeste da bacia. Observa-se que a condição climática moderada por excesso hídrico (C3) não é identificada na bacia para esta cultura.

Para a condição climática Moderada por deficiência hídrica (C4), observa-se 122.274,00 ha representando 59,38% do total distribuída no terço leste da bacia de norte a sul entre Campina Grande, Aroeiras e Santa Cecília.

As áreas inaptas por deficiência hídrica acentuada (C5) perfazem um total de 225.292,89 ha (59,38%). Estas áreas ocorrem distribuídas por todo o terço oeste da bacia.

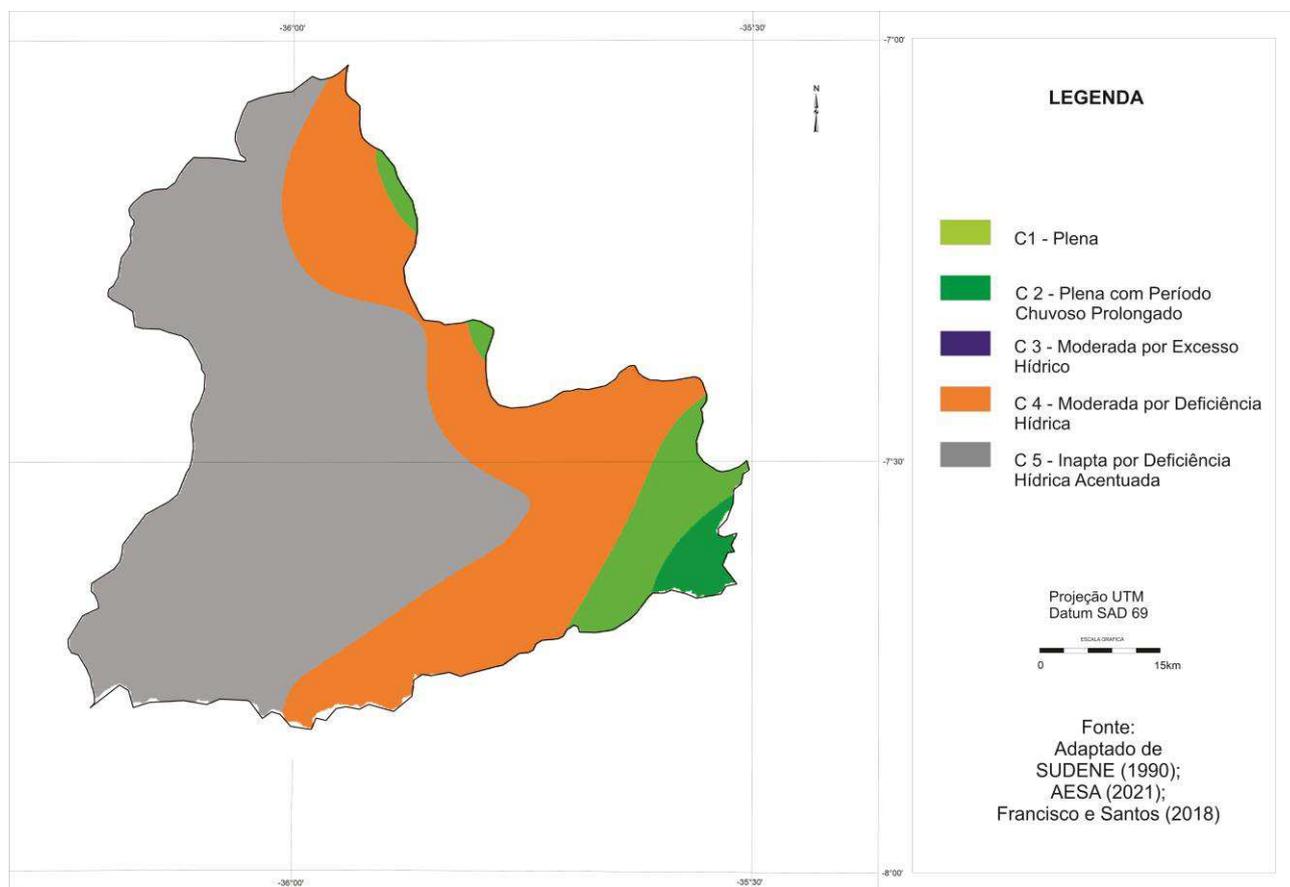


Figura 6. Condição climática para o sorgo.

Fonte: Adaptado de PARAÍBA (1978; 2006); AESA (2021); Francisco e Santos (2018).

Francisco et al. (2016) elaborando a aptidão climática para o sorgo observaram que as áreas Inapta por deficiência hídrica acentuada, classe C5 deste trabalho, ocorrem sobre o Planalto da Borborema, identificando assim resultado similar a este estudo.

A planta de sorgo se adapta a uma gama de ambientes, principalmente sob condições de deficiência hídrica, desfavoráveis à maioria dos outros cereais (TARDIN et al., 2010). Tabosa et al.

(2002), salientam que a cultura do sorgo é recomendada para o semiárido por se comportar como estratégica e alternativa, em face de suas características xerófilas, o que provavelmente confere ao sorgo características de resistência ao estresse hídrico.

De acordo com Botelho e Moraes (1999) a produção agrícola é função de elementos probabilísticos no sentido de que ela depende entre outros fatores das variáveis climáticas, tais como quantidade total de chuva, distribuição pluviométrica, temperatura e umidade relativa do ar.

No mapa de potencial de produção agrícola irrigada da cultura do sorgo (Figura 7), observa-se que o potencial Muito Alto e Alto não estão representados neste mapeamento.

Os ambientes de potencial Médio abrangem 2.503,17 ha, representando 0,66% da área total, com ocorrência da subclasse M8 (Tabela 6).

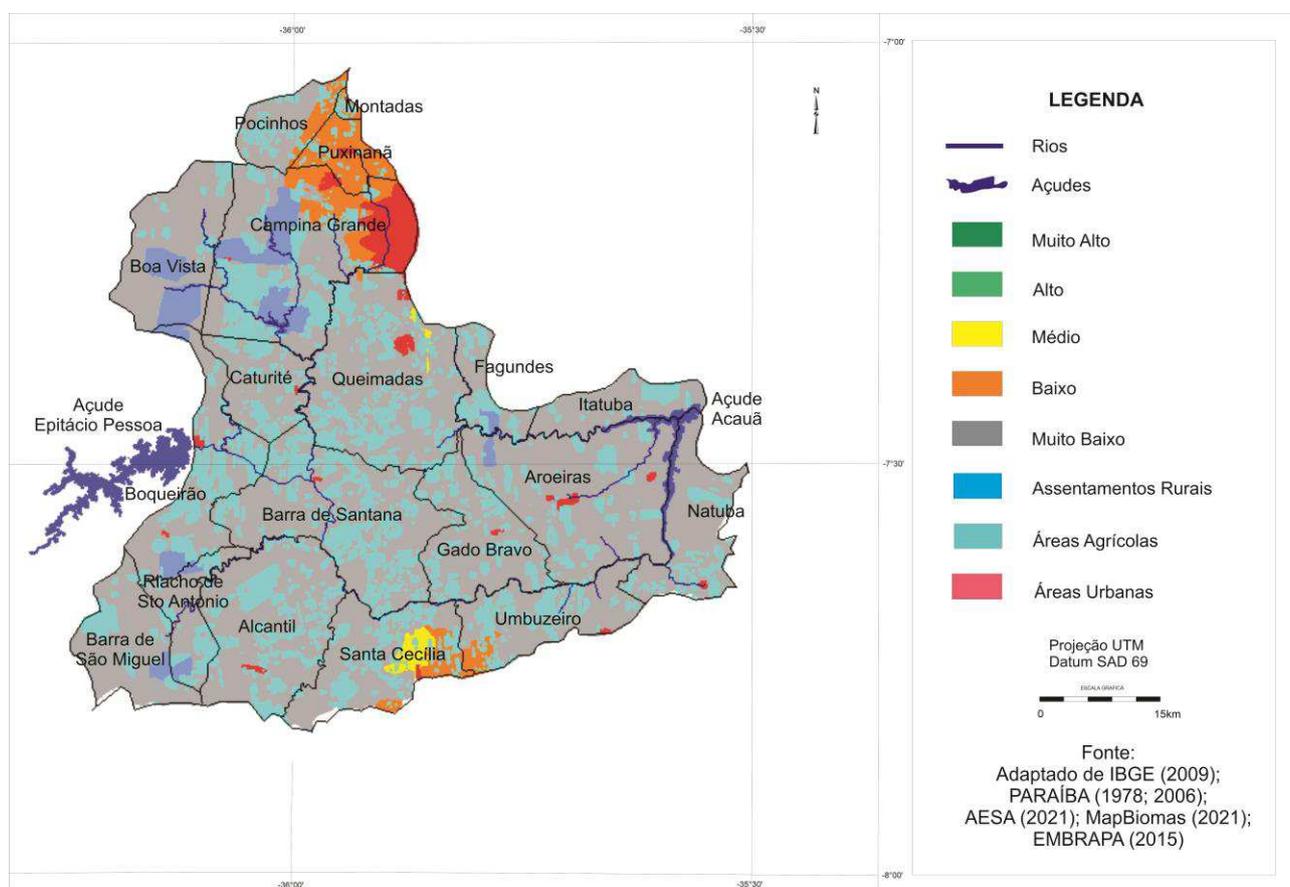


Figura 7. Potencial de produção agrícola para o sorgo.  
Fonte: Adaptado de PARAÍBA (1978; 2006); AESA (2021).

Esta classe ocorre no município de Santa Cecília. Notadamente em ambientes por apresentarem solos de potencial pedológico Médio, e condição climática Plena e Moderada por deficiência.

As áreas de potencial Baixo contemplam os ambientes com fortes limitações de solo e/ou de clima, abrangem 24.058,29 ha, representando 6,34% da área total, com ocorrência das subclasses B1 e

B4. Estão localizadas ao norte da bacia em Pocinhos, Puxinanã e Campina Grande, e ao sul em Santa Cecília.

Tabela 6. Classes de potencial de produção agrícola para o sorgo

| Classe             | Subclasse            | Área (ha)         | %             |
|--------------------|----------------------|-------------------|---------------|
| <b>Muito Alta</b>  | MA1/MA2              | -                 | -             |
| <b>Alta</b>        | A1/A2                | -                 | -             |
| <b>Média</b>       | M1/M2/M3/M4/M5/M6/M7 | -                 | -             |
|                    | M8                   | 2.503,17          | 0,66          |
| <b>Baixa</b>       | B1                   | 1.418,31          | 0,37          |
|                    | B2/B3                | -                 | -             |
|                    | B4                   | 22.639,98         | 5,97          |
|                    | MB1                  | 23.245,02         | 6,13          |
| <b>Muito Baixa</b> | MB2                  | 7.062,39          | 1,86          |
|                    | MB3                  | -                 | -             |
|                    | MB4                  | 96.987,15         | 25,56         |
|                    | MB5/MB6              | -                 | -             |
|                    | MB7                  | 37.151,19         | 9,79          |
|                    | MB8                  | 11.800,35         | 3,11          |
|                    | MB9                  | 176.598,81        | 46,55         |
| <b>Total</b>       |                      | <b>379.406,37</b> | <b>100,00</b> |

As áreas de potencial Muito Baixo contemplam os ambientes com fortes limitações de solo e/ou de clima, abrangem 352844,91 ha, representando 93,00% da área total, com ocorrência das subclasses MB1, MB2, MB4, MB7, MB8 e MB9, predominando a subclasse MB9 (46,55%). Estas classes ocorrem em quase toda a bacia por apresentarem inaptidão dos solos ao plantio e irrigação da cultura.

Por este trabalho, observa-se que o município de Queimadas, o maior produtor de sorgo na bacia, está sob solos de condições climáticas muito baixa e em solos inaptos para sua produção, mas sendo cultivados pelos agricultores entre 100 a 150 ha. Demais municípios apresentam produção abaixo de 50 ha, assim estando de acordo com a indicação deste mapeamento e os resultados obtidos da aptidão agrícola de risco climático.

Francisco et al. (2016; 2017) elaborando o potencial pedológico e pedoclimático, respectivamente, para o cultivo do sorgo observaram que as áreas com potencial muito baixo se enquadram principalmente os Neossolos Litólicos Eutrófico típico e Luvisolo Crômico Órtico típico. Resultado similar a este estudo na bacia que contempla estes solos.

De acordo com EMBRAPA (2012) os fatores restritivos relacionados a este fato estão associadas as limitações de ordem pedológica, principalmente pela presença de pedregosidade, pequena profundidade efetiva, textura arenosa ou pela presença de relevo acidentado.

PARAÍBA (1978) observou que, a cultura do sorgo é pouco difundida na agricultura paraibana, e que existem zonas aptas com potencial e a introdução e maior difusão parece recomendável,

podendo ser interessante nas áreas do interior do Estado, representando uma alternativa viável da cultura do milho, onde as condições de aridez se mostram mais severas.

De acordo com Landau e Martins Netto (2015), apesar do aumento considerável de área plantada com sorgo granífero nas últimas décadas, dada a tolerância da cultura ao estresse hídrico, é provável que ainda existam regiões com potencial de expansão de sorgo granífero. Estes autores ainda recomendam que para estimular o desenvolvimento sustentável do plantio de sorgo nas áreas identificadas, assim como nas áreas plantadas atualmente, precisará levar em conta diversos aspectos relacionados com o plantio da cultura, no intuito de maximizar vantagens e minimizar prejuízos futuros, considerando estratégias para minimizar o uso indiscriminado de agrotóxicos, controlar a erosão do solo, estimular a rotação de culturas, além de promover a adoção de práticas tecnicamente apropriadas, ambientalmente corretas, economicamente viáveis e socialmente aceitáveis, e que contribuam para a manutenção da sustentabilidade.

### **Conclusão**

O uso das técnicas de geoprocessamento proporcionou resultados satisfatórios no mapeamento das áreas.

Para cultura da palma forrageira foi identificada condição climática Plena (C1) em 68,34% do total da bacia; a condição climática plena com período chuvoso prolongado (C2) em 9,40%, e a condição climática moderada por excesso hídrico (C3) em 3,92%, a condição climática Moderada por deficiência hídrica (C4) em 18,34%, a condição inapta por deficiência hídrica acentuada (C5) não ocorreu na bacia.

O potencial de produção agrícola irrigada para a cultura a palma forrageira não apresentou potencial Muito Alto (MA) e Alto (A), o potencial Médio (M) em 10,54%, Baixo (B) em 9,45%, e o potencial Muito Baixo (MB) em 80,01% da bacia.

### **Referências**

- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. João Pessoa, 2021. Disponível em: <http://geo.aesa.pb.gov.br>. Acesso em: 9 de abril 2021.
- BALLESTERO, S. D.; LORANDI, R.; TREMOCOLDI, W. A. Mapeamento pedológico semidetalhado da área de relevante interesse ecológico de Pedra Branca (Tremembé, SP). *Revista Biociência*, v.6, n.2, p.7-15. 2000.
- BARROS, A. H. C.; VAREJÃO-SILVA, M. A.; TABOSA, J. N. Aptidão climática do Estado de Alagoas para culturas agrícolas. Relatório Técnico. Convênios SEAGRI-AL/Embrapa Solos n.10200.04/0126-6 e 10200.09/0134-5. Recife: Embrapa Solos, 2012. 86p.
- BENEDETTI, M. M.; SPAROVEK, G.; COOPER, M.; CURI, N.; CARVALHO FILHO, A. DE. Representatividade e potencial de utilização de um banco de dados de solos do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p.2591-2600, 2008.

- BOTELHO, V. A. V. A.; MORAIS, A. R. Estimativas dos parâmetros da distribuição gama de dados pluviométricos do município de Lavras, estado de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, v.23, p.697-706, 1999.
- BUREC. Department of the Interior of United States. Bureau of Reclamation Manual. Irrigated Land use: Land Classification. v.5. pt.2. Denver, 1953. 54p.
- BUSO, W. H. D.; MORGADO, H. S.; SILVA, L. B.; FRANÇA, A. F. S. Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal. *PUBVET*, v.5, n.23, 2011.
- CÂMARA, G.; MEDEIROS, C. B.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A. MAGALHÃES, G. Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica. Escola de Computação. SBC, 1996a.
- CAMPOS, M. C. C.; QUEIROZ, S. B. Reclassificação dos perfis descritos no Levantamento Exploratório - Reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.6, n.1, p.45-50, 2006.
- CARVALHO, C. C. N.; ROCHA, W. F.; UCHA, J. M. Mapa digital de solos: uma proposta metodológica usando inferência fuzzy. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, n.1, p.46-55, 2009.
- CAVALCANTI, A. C.; RIBEIRO, M. R.; ARAÚJO FILHO, J. C. A.; SILVA, F. B. R. Avaliação do potencial das terras para irrigação no Nordeste. Embrapa. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semiárido. Brasília: Embrapa-SPI, 1994. 38p.
- COELHO, A. M.; WAQUIL, J. M.; KARAM, D.; CASELA, C. R.; RIBAS, P. M. Seja o doutor do seu sorgo. Potafos: Arquivo do Agrônomo, n.14, p.24, 2002.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Milho e Sorgo. Sistemas de produção: Cultivo do sorgo. 4. ed. Sete Lagoas. 2008.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Zoneamento Agroecológico do Estado de Alagoas. Potencial Pedológico do Estado de Alagoas para Culturas Agrícolas. Relatório Técnico. 2012. Disponível em: <http://ainfo.c0nptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/77202/1/Relatorio-Pot-Pedologico.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2014.
- FERNANDES, M. F.; BARBOSA, M. P.; SILVA, M. J. DA. O uso de um sistema de informações geográficas na determinação da aptidão agrícola das terras de parte do setor leste da bacia do Rio Seridó, PB. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.2, n.2, p.195-198, 1998.
- FRANCISCO, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. 122f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.
- FRANCISCO, P. R. M.; LIMA, E. R. V. DE; SANTOS, D.; CHAVES, I. DE B.; BRANDÃO, Z. N. Uso de geotecnologias no mapeamento do potencial pedológico para o cultivo do sorgo (*sorghum bicolor*) no Estado da Paraíba. In: Encontro de Extensão, Pesquisa e Inovação em Agroecologia, 2, 2016, Sumé. Anais...Sumé, 2016.

- FRANCISCO, P. R. M.; MORAES NETO, J. M. DE; SILVA, V. F.; SANTOS, D.; RIBEIRO, G. DO N. Potencial de irrigação da região do médio curso do rio Paraíba. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 7, 2021, Goiânia. Anais...Goiânia, 2021.
- FRANCISCO, P. R. M.; PEREIRA, F. C.; MEDEIROS, R. M. DE; SÁ, T. F. DE. Zoneamento de risco climático e aptidão de cultivo para o município de Picuí–PB. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.5, p.1043-1055, 2011.
- FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. Aptidão Climática do Estado da Paraíba para as Principais Culturas Agrícolas. 1ª ed. EPGRAF: Campina Grande, 2018. 120p.
- FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D.; LIMA, E. R. V. DE. Potencial pedoclimático do Estado da Paraíba para a cultura do sorgo (*Sorghum bicolor*). *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.10, n.3, p.784-798, 2017.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 7 de novembro de 2021.
- LANDAU, E. C.; SANS, L. M. A. Cultivo do Sorgo. Clima. Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção, 2. Versão Eletrônica, 6ª edição. 2010. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27070/1/Clima.pdf>. Acesso em: 7 de novembro de 2021.
- LANDAU, E. C.; MARTINS NETTO, D. A. Expansão Potencial da Produção de Sorgo Granífero no Brasil no Sistema de Rotação com Soja considerando o Zoneamento de Risco Climático 2015/16. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2015. 27p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Milho e Sorgo).
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Sistema Integrado de Legislação. BINAGRI SISLEGIS. Portaria 212/2014 de 24/11/2014. 2014. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMa pa&chave=1955156079>. Acesso em: 11 de outubro de 2021.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Zoneamento Agrícola de Risco Climático. Instrução Normativa Nº 2, de 9 de outubro de 2008. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/documentos/INn2de09.10.2008.pdf>. Acesso em: 12 de outubro de 2021.
- PARAÍBA. Governo do Estado. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. CEPA-PB. Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba. Relatório ZAP-B-D-2146/1. UFPB-Eletro Consult Ltda. 1978. 448p.
- PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo e Atlas. Brasília, DF, 2006. 112p.
- TABOSA, J. N.; REIS, O. V. DOS; BRITO, A. R. M. B.; MONTEIRO, M. C. D.; SIMPLÍCIO, J. B.; OLIVEIRA, J. A. C. DE; SILVA, F. G. DA; NETO, A. D. A.; DIAS, F. M.; LIRA, M. A.; FILHO, J. J. T.; NASCIMENTO, M. M. A. DO; LIMA, L. E. DE; CARVALHO, H. W. L. DE; OLIVEIRA, L. R. DE. Comportamento de cultivares de sorgo forrageiro em diferentes ambientes agroecológicos dos Estados de Pernambuco e Alagoas. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.1, p.47-58, 2002.

TARDIN, F. D.; RODRIGUES, J. A. S.; COELHO, R. R. Cultivo do Sorgo. Cultivares. Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção. 2a. Versão Eletrônica. 6<sup>a</sup> edição. 2010. Disponível em: [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo\\_6\\_ed/cultivares.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_6_ed/cultivares.htm). Acesso em: 17 de março de 2021.

VAREJÃO-SILVA, M. A.; BARROS, A. H. C. Zoneamento de aptidão climática do Estado de Pernambuco para três distintos cenários pluviométricos. Governo do Estado de Pernambuco. Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária. Recife, 2002. 51p.

# ESTUDO DE DISPERSÃO DE ODORES EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO COM UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE ALOHA

**Jailson Silva Machado**

Engenheiro Florestal, Mestrando em Sustentabilidade em Recursos Hídricos, UninCor, Três Corações -MG,  
jailson.mapas@gmail.com

 <http://lattes.cnpq.br/6991929220004023>

**Alisson Carlos Melo Oliveira**

Tecnólogo em Recursos Hídricos, Coordenador de Outorga Licenciamento Ambiental de Projetos e Obras  
na Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE,  
alisson.melo@cagece.com.br

 <http://lattes.cnpq.br/1492480913407631>

**Francisca Gislene Albano**

Bacharel em Eng. Agrônoma, UFPI, Mestrando em Fitotecnia, UFCE, Doutora em Fitotecnia, UFCE,  
Gislene\_fga@gmail.com

**Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques**

Dr.<sup>a</sup> em Recursos Hídricos, Prof.<sup>a</sup> Universidade Vale do Rio Verde - UninCor, Três Corações - MG,  
roeflorestal@hotmail.com

 <http://orcid.org/0000-0001-6339-392X>

**Alexandre Tourino Mendonça**

Dr. em Ciências dos Alimentos, Prof. Universidade Vale do Rio Verde - UninCor, Três Corações - MG,  
alexandretourino@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-6646-0809>

**Luciano dos Santos Rodrigues**

Dr. em Ciência Animal, Prof. Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte - MG,  
lsantosrodrigues@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-0555-8305>

**Fabrcio dos Santos Ritá**

Dr. em Promoção de Saúde, Prof. Instituto Federal Sul de Minas – IFSul de Minas, Campus Muzambinho,  
fabriciosantosrita@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-2009-3673>

## Introdução

A quantidade e a qualidade da água são fatores importantes para o estabelecimento dos benefícios à saúde relacionados à redução da incidência e prevalência de diversas doenças, entre elas a doença diarreica. O Brasil é um dos países com alta incidência de diarreia, o que repercute diretamente sobre as taxas de mortalidade infantil, tendo como causa básica a doença diarreica aguda (QUEIROZ, 2006).

Levando em consideração a Lei Nº 14.026, de 15 de julho de 2020 que institui o Marco Legal do Saneamento Básico, onde é previsto a universalização dos serviços de água e esgoto até 2033 e viabiliza a injeção de mais investimentos nos serviços de saneamento, em que os contratos de prestação dos serviços públicos de saneamento básico deverão definir metas de universalização que garantam o atendimento de 99% (noventa e nove por cento) da população com água potável e de 90% (noventa por cento) da população com coleta e tratamento de esgotos até 31 de dezembro de 2033, assim como metas quantitativas de não intermitência do abastecimento, de redução de perdas e de melhoria dos processos de tratamento, traz-se a importância do tema do saneamento básico na inserção das políticas públicas e pesquisas científicas a nível nacional e internacional (BRASIL, 2020).

Embora sejam inúmeros os impactos positivos do Saneamento Ambiental, em especial a construção de Estações de Tratamento de Esgoto, leva-se em consideração também alguns impactos adversos, como a produção de odor (SILVA, 2009). Com relação ao impacto adverso de dispersão de odor para Estações de Tratamento de Esgoto – ETE, ressalta-se que este odor é resultante da formação de gases como o sulfeto de hidrogênio ( $H_2S$ ), o qual é produzido por processos de tratamento anaeróbios, sendo este o odorante mais comumente associado a este processo, com forte correlação entre a emissão deste gás e reclamações de mal cheiro. A razão para tanto é altíssima sensibilidade do olfato humano a este gás, sendo possível sua detecção até mesmo em níveis tão baixos quanto 0,47 ppb. Quanto a riscos à saúde humana, a NR-15 estabelece um limite de tolerância, para 8 horas de exposição, de até 8 ppm (cerca de 16 mil vezes maior do que a sensibilidade do olfato) e uma concentração letal de 600 ppm (PEREIRA, 2017).

O objetivo deste trabalho é avaliar o Estudo de Dispersão de Odores ainda na fase de Projeto, visando mitigar o impacto adverso da disseminação de odor para as Comunidades Circunvizinhas às futuras Estações de Tratamento de Esgoto. Para tanto, busca-se elaborar uma proposta metodológica a ser aplicada na fase de projetos e no processo de licenciamento ambiental de Estações de Tratamento de Esgoto. Essa metodologia visa realizar o cálculo da Dispersão de Odores e analisar o raio de alcance da emissão de gases das Estações de Tratamento de Esgoto. Esse processo é especialmente relevante para este estudo, que utiliza dados da Estação de Tratamento de Esgoto de Redenção, localizada no estado do Ceará.

Para avaliar a dispersão dos gases emitidos pela ETE foi usado o *Areal Locations of Hazardous Atmospheres* (ALOHA) da *Environmental Protection Agency* (EPA), o qual permite a modelagem de

riscos associados à dispersão de gases tanto em fase de planejamento quanto de resposta a emergências associadas a substâncias químicas diversas.

### Material e Métodos

O empreendimento está localizado no município Redenção, justamente em sua sede. O município encontra-se na Região Administrativa 08, na Região de Planejamento do Maciço de Baturité, na Mesorregião do Norte Cearense e na Microrregião de Baturité, Redenção é um município brasileiro do estado do Ceará. Localiza-se a uma altitude de 88 metros acima do nível do mar e a 55 km de distância de Fortaleza. Faz parte do Polo Serra de Guaramiranga. O município recebe esse nome por ter sido a primeira cidade brasileira a libertar todos os seus escravos a localização do município em relação ao estado do Ceará (IBGE, 2023) a localização em relação ao estado do Ceará é demonstrada na Figura 1.



Figura 1. Localização do Município de Redenção em Relação ao Estado do Ceará.

Fonte: Adaptado de IBGE (2021).

Uma das metodologias utilizadas para avaliar a dispersão dos gases emitidos pela ETE é o software *Areal Locations of Hazardous Atmospheres* (ALOHA) da *Environmental Protection Agency* (EPA), associado ao Software MARPLOT, o qual permite a modelagem de riscos associados à dispersão de gases tanto em fase de planejamento quanto de resposta a emergências associadas a substâncias químicas diversas. A ferramenta possibilita a simulação de emissões reais ou potenciais, provenientes de chaminés, de vazamentos de dutos ou tanques e da volatilização de derramamentos de líquidos (ANAHI, 2021).

O ALOHA resolve um modelo Gaussiano para prever como os gases se dispersam na atmosfera, considerando o vento e as turbulências atmosféricas como propulsores do movimento das moléculas de um gás liberado no ar (PEREIRA, 2017) (Equação 1).

$$C(x, y, z, t) = \frac{X}{2} \left[ \operatorname{erf} \left( \frac{x}{\sigma_x \sqrt{2}} \right) - \operatorname{erf} \left( \frac{x - U_t}{\sigma_x \sqrt{2}} \right) \right] \quad (t \leq t_r)$$

$$\frac{X}{2} \left[ \operatorname{erf} \left( \frac{x - U(t - t_r)}{\sigma_x \sqrt{2}} \right) - \operatorname{erf} \left( \frac{x - U_t}{\sigma_x \sqrt{2}} \right) \right] \quad (t_r < t < \infty) \quad (\text{Eq.1})$$

Onde:  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  e  $\sigma_z$  são parâmetros de dispersão;  $t_r$  é o tempo de duração do vazamento;  $U$  é a variável relacionada com o vento.

O termo  $\chi$  representa uma distribuição de Gauss a partir de uma fonte pontual bem conhecida e em estado estacionário (HANNA et al., 1982) (Equação 2).

$$X(x, y, z, t) = \left( \frac{Q(t)}{U} \right) g_y(x, y) g_x(x, y) \quad (\text{Eq.2})$$

Sendo  $g_y$  calculado na Equação 3.

$$g_y(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y(x)} \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{y}{\sigma_y(x)} \right)^2 \right] \quad (\text{Eq.3})$$

Sendo  $g_z$  calculado na Equação 4.

$$g_z(x, z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_z(x)} \left\{ \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{z - h_s}{\sigma_z(x)} \right)^2 \right] + \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{z + h_s}{\sigma_z(x)} \right)^2 \right] \right\} \quad (\text{Eq.4})$$

Onde:  $h_s$  é a altura do lançamento.

A dispersão de uma nuvem gasosa na atmosfera está associada às condições atmosféricas e à topografia do ambiente, sendo influenciada pela composição específica da nuvem (JONES et al., 2013). Os processos que regem o transporte e a difusão de poluentes são numerosos e complexos, tornando impraticável a descrição sem o auxílio de modelos matemáticos. Isso destaca a importância crucial de softwares como ferramentas essenciais para a gestão ambiental (MOREIRA, 2004).

Os modelos de dispersão Gaussianos são relativamente mais simples, pois utilizam a distribuição Gaussiana (normal) para estimar a concentração total de poluentes em um ponto específico proveniente de uma pluma gasosa na atmosfera. No entanto, esses modelos apresentam

limitações, especialmente relacionadas a gases menos densos que o ar e terrenos sem obstáculos (GONÇALVEZ, 2003).

O modelo assume que a concentração de poluentes na pluma é diretamente proporcional à taxa de emissão e inversamente proporcional à velocidade do vento assim, os principais parâmetros atmosféricos utilizados para o cálculo, foram a intensidade e direção dos ventos, sendo estes os principais fenômenos da dispersão atmosféricas dos gases formados em uma ETE (COSTA, 2018). Segundo a rosa dos ventos e o histograma mostrados, ventos de Oeste para Leste, demonstrados na Figura 2.

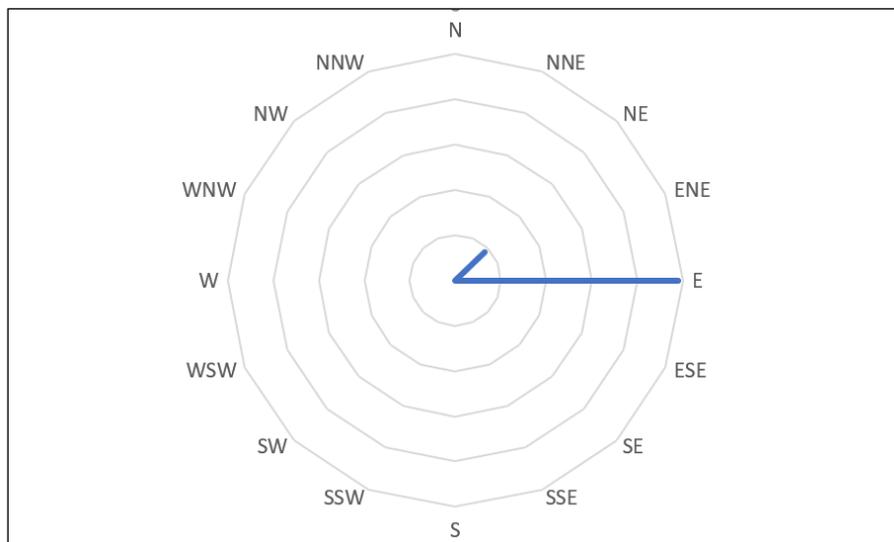


Figura 2. Direção predominante dos Ventos para a Estação de Guaramiranga.

Fonte: <https://portal.inmet.gov.br/>.

Os ventos ocorrem predominantemente na direção Leste, tendo de forma mínima na direção nordeste, com uma velocidade média total de  $2,88 \text{ m.s}^{-1}$ , tendo uma variação máxima e mínima da velocidade média de  $1,39 \text{ m.s}^{-1}$ . Para o estudo foi verificado a maior intensidade dos ventos, considerando como a questão mais crítica.

A capacidade de produção para a ETE de Redenção, conforme demonstrado na Tabela 1 é de uma média de  $16,07 \text{ L.s}^{-1}$  a partir do ano de 2015, os dados são demonstrados no **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Assim, utilizou-se uma redução de 90% destas emissões por uma unidade de tratamento de  $\text{H}_2\text{S}$ , devido ao projeto da ETE de Redenção possuir um lavador de gás e um sistema de aeração dos efluentes do UASB ou de precipitação do sulfeto.

Tabela 1. Vazão geral das três Sub-bacias

| Ano   |    | 2015   | 2024   | 2034   |  |
|---|----|--------|--------|--------|--|
| População total (hab)                               | P' | 8153   | 9743   | 11977  | Vazão<br>totalizada para<br>ETE (L.s <sup>-1</sup> ) |
| Índice de atendimento (%)                           | A  | 100    | 100    | 100    |  |
| Pop. Atendida (hab)                                 | P  | 8153   | 9743   | 11977  |  |
| Contribuição percapta (L.pessoa.dia <sup>-1</sup> ) | q  | 150    | 150    | 150    |  |
| Coefficiente de retorno (%)                         | C  | 0,8    | 0,8    | 0,8    |  |
| Comprimento da rede (m)                             | L  | 18.989 | 18.989 | 18.989 |  |
| Q <sub>inf</sub> (L.s <sup>-1</sup> )               | I  | 4,75   | 4,75   | 4,75   |  |
| Q <sub>min</sub> (L.s <sup>-1</sup> )               |    | 10,41  | 11,51  | 13     | 13   |
| Q <sub>med</sub> (L.s <sup>-1</sup> )               |    | 16,07  | 18,28  | 21,24  | 21,24  |
| Q <sub>max</sub> (L.s <sup>-1</sup> )               |    | 25,13  | 29,1   | 34,44  | 34,44  |

Fonte: Projeto Hydros (ETE Redenção).

Em relação aos níveis de gás sulfídrico emitidos pela ETE, foram estudados dois casos: com e sem unidades de tratamento de gases. Para tanto adotou-se como valor típico de sulfato a média do monitoramento mensal do principal sistema de esgotamento sanitário do Ceará, Estação de Pré condicionamento de esgotos de Fortaleza (EPC), correspondente a 85 mg.L<sup>-1</sup>, sendo este, o fator de conversão para a ETE do município de Redenção.

Conforme a Tabela 1, a vazão média para a ETE de redenção é de 16,07 L.s<sup>-1</sup>. Entretanto, para estação de Pré condicionamento de esgoto de Fortaleza adotada utilizou-se de um fator de conversão de 85 mg.L<sup>-1</sup>.

### Resultados e Discussão

Uma vez que a produção média para a ETE de Redenção é de 16,07 L.s<sup>-1</sup>a partir do ano de 2015, e que a cada litro tem se 1,36425 g.L<sup>-1</sup> de gás sulfídrico, o valor de produção médio para a ETE é de 21,92 g.s<sup>-1</sup>, ou 79,152 g.h<sup>-1</sup>, que poderiam ser liberados para a atmosfera em torno dos reatores UASB, caso não exista unidades de tratamento de odores. Esta emissão é demonstrada no mapa de dispersão de odores, demonstrado nas Figura 3 e 4.

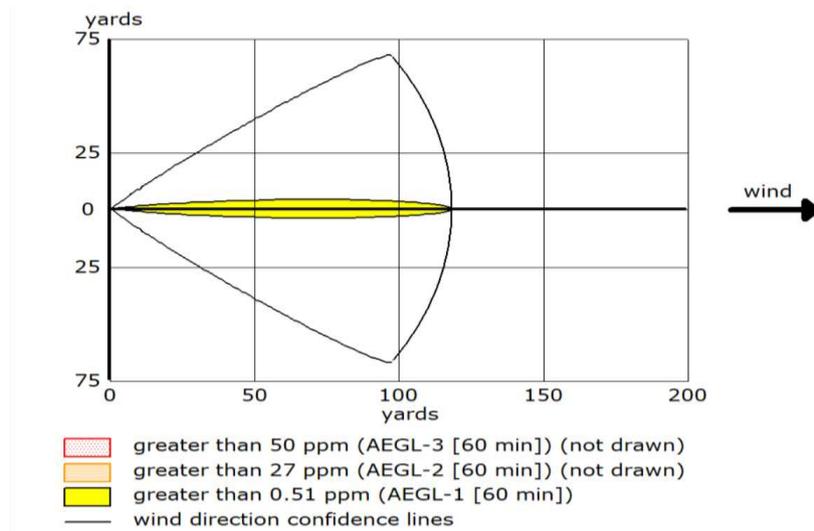


Figura 3. Resultado da Análise de Dispersão pelo Software ALOHA.



Figura 4. Pluma de dispersão de odores oriunda de uma emissão de  $78,91 \text{ g.h}^{-1}$  da ETE com ventos soprando de Oeste para Leste, com uma temperatura média de  $32^\circ$  e ventos de  $1,39 \text{ m.s}^{-1}$ .

Fonte: adaptado de Google Earth (2023).

Levando em consideração a Nuvem de Dispersão de Odores e o Tamanho da ETE Redenção, como demonstrado na Figura 5, o odor Gerado pela Estação, estaria se dispersando dentro da Própria ETE.



Figura 5. Nuvem de Dispersão de Odores em relação a Poligonal da ETE Redenção.

Fonte: adaptado de Google Earth (2023).

Dado que a produção média para a ETE de Redenção é de  $16,07 \text{ L.s}^{-1}$  a partir do ano de 2015, e que a cada litro temos  $1,36425 \text{ g.L}^{-1}$  de gás sulfídrico, o valor de produção médio para a ETE é de  $21,92 \text{ g.s}^{-1}$  ou  $79.152 \text{ g.h}^{-1}$ , que poderiam ser liberados para a atmosfera em torno dos reatores UASB, caso não existam unidades de tratamento de odores. Esta emissão é demonstrada no mapa de dispersão de odores. Conforme demonstrado a dispersão média é de 100 yards, o que equivale a uma dispersão de aproximadamente 91,44 metros, medida inferior ao comprimento da área patrimonial da ETE.

A utilização do Software prevê segurança na operação da ETE de Redenção, os dados possibilitam observar que a zona de risco está se dispersando dentro da área patrimonial da própria ETE, quando comparamos a utilização deste software para simulação de risco os dados de Costa (2018) quando estudando a simulação de vazamento de cloro gasoso indicam riscos significativos para os funcionários da empresa e a população circundante, uma vez que as zonas de iso-risco ultrapassam os limites do empreendimento, fato este contrário ao encontrado na ETE Redenção, onde a linha de iso-risco estava dentro da própria área patrimonial da ETE, o próprio autor Recomenda a realização desse tipo de simulação para realizar análise preliminar de perigo, principalmente associado a falta de espaço físico.

Já Oliveira et al. (2019) quando estudando modelos de roteamento de pessoas e veículos para evacuação em dois estágios de uma refinaria, utilizou software GIS MARPLOT e ferramenta ALOHA para mapear vazamentos químicos, aumentando a segurança durante evacuações, o autor destaca a eficiência dos modelos. Neste sentido levando em consideração as diferentes utilizações e aplicações do Software e com base nos resultados alcançados, recomenda-se a utilização deste modelo para

definição da nuvem de dispersão de odores em Estações de Tratamento de Esgoto com utilização do software ALOHA, trazendo maior segurança para operação do Empreendimento.

## **Conclusão**

O trabalho visou avaliar a dispersão de odores durante a fase de projeto de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) para mitigar impactos nas comunidades circunvizinhas ao empreendimento. A metodologia utilizada foi através do software ALOHA, que após modelação, mostrou que a zona de risco na ETE de Redenção estava contida dentro de sua área patrimonial, garantindo segurança operacional.

Comparado a estudos anteriores, o modelo proposto demonstrou eficácia, recomendando sua aplicação para definir a dispersão de odores em ETEs, contribuindo para uma operação mais segura e sustentável, especialmente no contexto do licenciamento ambiental.

## **Referências**

ANAHI, A. F. M. Simulación de contaminación del aire en caso de una explosión de gasolina súper en una gasolinera en la ciudad de Guayaquil. Tese (Doutorado). Universidad Agraria Del Ecuador. Guayaquil, 2021.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e dá outras providências. Diário Oficial da União 2020. 16 jul.

CLIMATEMPO. Clima e Previsão do Tempo/Vento/Redenção-CE. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/vento/cidade/991/redencao-ce>. Acesso em: 23 julho 2023.

COSTA, A. M. C. Avaliação de risco do gás cloro na estação de tratamento de água de Caçapava do Sul-RS. 63f. TCC (Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária). Universidade Federal do Pampa. Caçapava do Sul, 2018.

HANNA, S. R.; GARY, A. B.; RAYFORD, P. H. United States. Dept. of Energy. Office of Energy Research. and United States. Dept. of Energy. Office of Health and Environmental Research. 1982. Handbook on atmospheric diffusion: prepared for the Office of Health and Environmental Research, Office of Energy Research, U.S. Department of Energy. Oak Ridge, TN: Technical Information Center, U.S. Dept. of Energy.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades e estados. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/redencao.html>. Acesso em: 23 julho 2023.

GONÇALVES, J. M. F. Modelagem da qualidade do ar: Revisão de modelos proposta para consideração do efeito da movimentação de fontes moveis. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, 2003.

JONES, R.; LEHR, D. W.; SIMECEK-BEATTY, R.; REYOLDS, M. 2013. ALOHA® (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) 5.4.4: Technical Documentation. U. S. Dept. of Commerce, NOAA Technical Memorandum NOS OR&R 43. Seattle, WA: Emergency Response Division, NOAA. 96p.

MOREIRA, D.; TIRABASSI, T. Modelo matemático de dispersão de poluentes na atmosfera: um instrumento técnico para a gestão ambiental. *Ambiente & Sociedade*, v.7, n.2, 2004.

OLIVEIRA, F., G.; FERREIRA FILHO, V. J. M. Seleção de rotas de fuga para evacuação de uma refinaria de petróleo utilizando ferramentas de análise de dispersão de substâncias químicas e sistemas de informações geográficas. *Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento*, v.11, n.2, p.52-71, 2019.

PEREIRA, S. P.; PAIVA, C. A. S.; GONDIM, R. B. Uso de Ferramentas computacionais para modelagem de dispersão de odores, como auxílio à locação de ETE's e à Avaliação de Impacto Ambiental. In: *Congresso de Engenharia Sanitária, 2017, São Paulo. Anais...* São Paulo, 2017.

QUEIROZ, J. T. M. Água de consumo humano distribuída à população e ocorrência de diarreia: um estudo ecológico no município de Vitória-ES. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2006.

SILVA, A. B. Avaliação da produção de odor na estação de tratamento de esgoto Paranoá e seus problemas associados 132f. Tese (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília. Brasília, 2007.

# DIAGNÓSTICO BIOCLIMÁTICO PARA PRODUÇÃO LEITEIRA NO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA-PB, BRASIL

**Janine de Cássia Oliveira Marques**

Mestranda em Engenharia Agrícola. UFCG, Campina Grande-PB, janinedecassia.eng@hotmail.com

 <https://orcid.org/0009-0006-3783-2507>

**Dermeval Araújo Furtado**

Prof. Dr. em Recursos Naturais, Prof. Titular. UFCG, Campina Grande-PB, araujodermeval@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0002-5035-2712>

**Gabriel de Melo Santos**

Mestrando em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, 7gabrielmelo7@gmail.com

 <https://orcid.org/0009-0008-1080-8333>

**Ricardo de Sousa Silva**

Doutorando em Engenharia Agrícola. UFCG, Campina Grande-PB, 2822ricardo@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0001-9572-5511>

**Paulo Roberto Megna Francisco**

Doutorando em Eng. de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB, paulomegna@gmail.com

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

## Introdução

Devido às mudanças climáticas ocorridas no mundo, deve-se adotar técnicas de manejo objetivando mitigar as consequências causadas por essa variação, na tentativa de diminuir as perdas econômicas no que se refere à produção animal (MACÍAS-CRUZ et al., 2018). A criação animal é considerada uma das mais antiga da agricultura (IBGE, 2020), onde a pecuária leiteira desempenha papel fundamental na indústria alimentícia, fornecendo fontes de nutrientes, como proteínas, vitaminas e minerais, sendo o Brasil tradicionalmente um grande produtor de leite, onde esta

atividade possui características extrativistas e ocupa uma posição de destaque no cenário nacional, se tornando um dos principais agronegócios do Brasil.

No Brasil, cerca de dois terços do território estão localizados em regiões tropicais com temperaturas elevadas (AZEVEDO et al., 2005), o que pode levar ao estresse térmico em animais. Esse estresse pode resultar em alterações fisiológicas e comportamentais, como aumento da ingestão de líquidos, redução no consumo de alimentos, perda de eletrólitos e mudanças no volume sanguíneo (FERREIRA et al., 2021). A faixa de temperatura considerada confortável para a maioria dos ruminantes é de 13 a 18°C, com variação recomendada de 4 a 24°C para vacas em lactação, podendo restringir esses limites a 7 a 21°C, em razão da umidade relativa e da radiação solar (NÃAS, 1989). Quanto à umidade relativa, valores entre 55 e 70% são considerados desejáveis para facilitar a perda de calor por meio dos processos evaporativos nos animais (SAMPAIO et al., 2004).

O valor limite que distingue situações de conforto e estresse térmico para o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) pode variar dependendo da raça, estágio de lactação e sistema de manejo. Estudos indicam que ambientes com valores de ITU entre 72 e 79 podem comprometer o desempenho produtivo e reprodutivo de bovinos de leite (JOHNSON, 1980; HAHN et al., 1985; MACHADO, 1998; MARTELLO et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2006).

Portanto, objetiva-se com esse trabalho, elaborar um diagnóstico ambiental para a produção leiteira no município de João Pessoa-PB, Brasil.

## **Material e Métodos**

A caracterização do bioclima no município de João Pessoa (-7,165278, -34,815556), localizado no Estado da Paraíba, foi realizada com base em dados climáticos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados abrangem o período de janeiro de 1991 a dezembro de 2021, totalizando 30 anos e foram coletados em intervalos mensais (Tabela 1). As variáveis climáticas utilizadas para a caracterização incluíram as médias da temperatura máxima (T<sub>max</sub>, °C), mínima (T<sub>min</sub>, °C), umidade relativa do ar (UR, %) e o cálculo do índice de temperatura e umidade (ITU). O ITU foi calculado com base na equação proposta por Thom (1959) (Equação 1).

$$ITU = tbs + 0,36 tpo + 0,42 \text{ (Eq.1)}$$

Em que: tbs - Temperatura de bulbo seco (°C) e tpo - Temperatura do ponto de orvalho (°C).

Os dados climatológicos foram comparados com as condições de conforto térmico adequadas à criação de vacas leiteiras para a temperatura e umidade relativa do ar, adotando a seguinte simbologia: I - inferiores ao exigidos pelos animais; C - confortáveis; S - superiores ao exigidos pelos animais, em que as letras maiúsculas representam a situação térmica para a T<sub>max</sub>; as minúsculas para T<sub>min</sub>, as maiúsculas em itálico representam a UR e as minúsculas em itálico se referem ao ITU.

Tabela 1. Dados climáticos mensais no intervalo de janeiro de 1991 a dezembro 2021 no município de João Pessoa-PB

| Variáveis climatológicas | Meses |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                          | Jan.  | Fev.  | Mar.  | Abr.  | Mai.  | Jun.  | Jul.  | Ago.  | Set.  | Out.  | Nov.  | Dez.  |
| Temperatura média (°C)   | 26,6  | 26,7  | 26,8  | 26,4  | 25,9  | 24,9  | 24,3  | 24,3  | 24,9  | 25,8  | 26,4  | 26,6  |
| Temperatura mínima (°C)  | 24,6  | 24,8  | 24,8  | 24,6  | 24,1  | 23,2  | 22,6  | 22,4  | 23    | 23,7  | 24,3  | 24,6  |
| Temperatura máxima (°C)  | 29,3  | 29,3  | 29,3  | 28,9  | 28,2  | 27,1  | 26,5  | 26,7  | 27,5  | 28,5  | 29,2  | 29,3  |
| Umidade (%)              | 76    | 78    | 79    | 81    | 83    | 83    | 82    | 79    | 76    | 74    | 73    | 74    |
| ITU calculado            | 76,15 | 76,22 | 76,39 | 75,92 | 74,91 | 73,12 | 72,23 | 72,05 | 73,59 | 75,14 | 75,84 | 76,08 |

Fonte: Dados climatológicos obtidos do INMET (2023).

### Resultados e Discussão

Observa-se que as temperaturas máximas no município de João Pessoa, de localização litorânea com clima classificado como Aw segundo o sistema Köppen e Geiger, estão acima do intervalo considerado confortável para vacas em lactação (NÃAS, 1989), conforme indicado na Tabela 2.

Tabela 2. Diagnóstico para vacas leiteiras

| Mês       | Diagnóstico para vacas leiteiras |
|-----------|----------------------------------|
| Janeiro   | <u>SSsSs</u>                     |
| Fevereiro | <u>SSsSs</u>                     |
| Março     | <u>SSsSs</u>                     |
| Abril     | <u>SSsSs</u>                     |
| Mai       | <u>SSsSs</u>                     |
| Junho     | <u>SScSs</u>                     |
| Julho     | <u>SScSs</u>                     |
| Agosto    | <u>SScSs</u>                     |
| Setembro  | <u>SScSs</u>                     |
| Outubro   | <u>SScSs</u>                     |
| Novembro  | <u>SSsSs</u>                     |
| Dezembro  | <u>SSsSs</u>                     |

As letras maiúsculas representam a situação térmica para a Tmax; maiúsculas sublinhadas simbolizam Tméd; minúsculas para Tmin, as maiúsculas em itálico representam a UR e as minúsculas em itálico se referem ao ITU.

Esse fato pode ser atribuído às condições climáticas específicas da região. Vacas leiteiras em fase de lactação expostas a temperaturas acima do nível de conforto térmico tendem a apresentar estresse por calor, caracterizado por um aumento na ingestão de água, redução no consumo de

alimentos, diminuição na produção de leite, além do aumento da temperatura corporal e frequência respiratória (WEST, 2003).

Quando a temperatura excede a zona de termoneutralidade, inicia-se o estresse calórico (LIMA et al., 2022), portanto deve-se adotar medidas objetivando-se manter o equilíbrio térmico entre o ambiente e o animal, como a tipologia das instalações, como os materiais utilizados nas construções rurais, dando-se preferência ao enriquecimento ambiental. O semiconfinamento de vacas leiteiras também pode ser outra alternativa para reduzir o estresse calórico em regiões de clima quente (NASCIMENTO et al., 2022).

Os valores médios das temperaturas em João Pessoa se aproximam da zona de termoneutralidade, com temperaturas próximas a 24°C nos meses de junho, julho, agosto e setembro. Além disso, as temperaturas mínimas nos meses de junho, julho, agosto, setembro e outubro estão dentro da faixa de conforto térmico. Nos demais meses, as temperaturas ficam próximas da zona de termoneutralidade (Tabela 2). Isso indica que durante a noite, o ambiente é confortável para vacas em lactação, permitindo que elas realizem atividades de pastejo de forma mais confortável.

É possível verificar ainda, que há necessidade de evitar o ganho de calor no período diurno principalmente nos meses de janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro, por isso, são necessárias alternativas para amenizar o desconforto térmico. Uma abordagem eficiente para mitigar o estresse térmico em animais envolve o confinamento durante os horários mais quentes do dia, oferecendo ambientes sombreados (BARBOSA et al., 2004). Além disso, é crucial garantir um suprimento adequado de água e evitar que os animais pastem durante os períodos de maior incidência solar. Essas medidas contribuem para reduzir os efeitos adversos do calor excessivo, promovendo melhor bem-estar e desempenho dos animais.

Ademais, como o clima é quente, sugere-se a criação de animais de origem indiana, como a raça Sindi já que possuem uma capacidade genética capaz de resistir às condições ambientais (GUIMARÃES FILHO & LOPES, 2001) ou raças sintéticas, como a Girolando que possuem capacidade de adaptação aos diferentes climas e sistemas de produção (SILVA et al., 2015).

Além disso, uma das formas para minimizar as temperaturas indesejáveis para o potencial produtivo, é investir em instalações que devem ser planejadas com o objetivo de diminuir a ação de agentes estressores, podendo ser construídas com materiais específicos, dimensionamento de espaço físico e sistemas de ventilação. Recomenda-se a construção no sentido leste-oeste, pois durante os horários mais quentes do dia há maior incidência solar. Em instalações que não possuem sistemas de refrigeração, é recomendável que durante o maior horário de radiação solar, às 15h e durante o verão, os animais fiquem confinados próximos às camas, na parte central da instalação, pois proporciona menor temperatura e conseqüentemente, menor estresse térmico (GONÇALVES, 2016).

O município de João Pessoa, por estar localizada em uma região litorânea, apresenta índices elevados de umidade relativa ao longo de todo o ano, mantendo-se acima de 60%. O mês de novembro registra o mínimo de umidade, enquanto os meses de maio e junho apresentam o máximo, atingindo

83%. Para a criação de vacas em fase de lactação, é aconselhável proporcionar ambientes mais abertos, nos quais a ventilação natural possa favorecer o conforto térmico dos animais.

Em relação ao ITU, pode-se observar que está fora da ZCT, no entanto, nos meses de julho e agosto, os valores se aproximaram do limite, o que reforça a necessidade de estabelecer horários específicos para as atividades das vacas leiteiras. Essa medida auxiliará na mitigação do estresse térmico e no bem-estar dos animais, evitando exposição prolongada a condições desfavoráveis.

## **Conclusão**

No município de João Pessoa, Paraíba, Brasil, os bovinos leiteiros enfrentam condições desfavoráveis, especialmente nos meses de janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro, quando as temperaturas ultrapassam a faixa de conforto térmico. Para garantir a viabilidade econômica da atividade, é fundamental adotar práticas de manejo que auxiliem os animais a lidar com o calor excessivo, como fornecer sombra, garantir ventilação adequada e disponibilizar água em quantidade suficiente. Essas medidas são essenciais para minimizar os impactos negativos das altas temperaturas, mantendo o bem-estar e a produtividade dos bovinos leiteiros.

## **Referências Bibliográficas**

- AZEVEDO, M.; PIRES, M. F. A.; SATURNINO, H. M.; LANA, A. M. Q.; SAMPAIO, I. B. M.; MONTEIRO, J. B. N.; MORATO, L. E. Estimativa de Níveis Críticos Superiores do Índice de Temperatura e Umidade para Vacas Leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Zebu em Lactação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, p.2000-2008, 2005.
- BARBOSA, O. R; BOZA, P. R.; SANTOS, G. T.; SAKAGUSHI, E. S.; RIBAS, N. P. Efeitos da sombra e da aspersão de água na produção de leite de vacas da raça holandesa durante o verão. *Acta Scientiarum Ciências Animais*, v.26, p.115-122, 2004.
- GONCALVES, I. C. M.; TURCO, S. H. N.; RAMOS, C. M. C. Spatial variability of air temperature in a free-stall in the Northeastern semi-arid region of Brazil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.20, p.67-71, 2016.
- HAHN, G. L.; PARKHURST, A. M.; GAUGHAN, J. B. Compensatory performance in livestock: influence on environmental criteria. In: YOUSEF, M. K. (Ed.). *Stress physiology in livestock*. v.2. Boca Raton: CRC Press, 1985. p.52-145.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br>. Acesso em: 25/06/2023.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisas Trimestrais da Pecuária. Manual Técnico*. v.1. 4a ed. 2013.
- JOHNSON, H. D. Environmental management of cattle to minimize the stress of climatic change. *International Journal of Biometeorology*, v.24, supl.7, p.65-78, 1980.

- MACHADO, P. F. Efeitos da alta temperatura sobre a produção, reprodução e sanidade de bovinos leiteiros. In: SILVA, I. J. O. *Ambiência na produção de leite em clima quente*. Piracicaba: FEALQ, 1998. p.179-188.
- MACÍAS-CRUZ, U.; CORREA-CALDERÓN, A.; MELLADO, M.; MEZA-HERRERA, C. A.; ARÉCHIGA, C. F.; AVENDAÑO-REYES, F. Thermoregulatory response to outdoor heat stress of hair sheep females at different physiological state. *International Journal of Biometeorology*, v.12, p.2151-2160, 2018.
- MARTELLO, L. S.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; SILVA, S. DA L. E; TITTO, E. A. L. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, p.181-191, 2004.
- NÃÃS, I. A. *Princípios de conforto térmico na produção animal*. São Paulo: Ícone, 1989. 183p.
- OLIVEIRA, L. M. F. DE; YANAGI, J. T.; FERREIRA, E.; CARVALHO, L. G.; SILVA, M. P. Zoneamento bioclimático da região sudeste do Brasil para conforto térmico animal e humano. *Engenharia Agrícola*, v.26, p.823, 2006.
- SIQUEIRA, K. B.; CARNEIRO, A. V.; ALMEIDA, M. F.; NALON, R. C. S. O mercado lácteo brasileiro no contexto mundial. Circular Técnica 104. Juiz de Fora, Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite, 2010.
- SOUZA, B. B.; SILVA, I. J. O.; MELLACE, E. M.; SANTOS, R. F. S.; ZOTTI, C. A.; GARCIA, P. R. Avaliação do ambiente físico promovido pelo sombreamento sobre o processo termorregulatório em novilhas leiteiras. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v.6, p.59-65, 2010.
- THON, E. C. Cooling degress-day air conditioning, heating, and ventilating. *Transactions of the ASHRAE*, v.55, p.65-72, 1958.

# COMPOSIÇÃO FAUNÍSTICA E ASPECTOS ECOLÓGICOS DE ÁREA ANTROPIZADA NA REGIÃO METROPOLITANA CEARENSE

**Naoto Vasconcelos**

Bacharel em Ciências Biológicas, UFC,  
naotohoshiko@gmail.com

 <http://lattes.cnpq.br/1405948813355116>

**Jailson Silva Machado**

Engenheiro Florestal, Mestrando em Sustentabilidade em Recursos Hídricos, UninCor, Três Corações - MG,  
jailson.mapas@gmail.com

 <http://lattes.cnpq.br/6991929220004023>

**Alisson Carlos Melo Oliveira**

Tecnólogo em Recursos Hídricos, Coordenador de Outorga Licenciamento Ambiental de Projetos e Obras  
na Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE,  
alisson.melo@cagece.com.br

 <http://lattes.cnpq.br/1492480913407631>

**Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques**

Dr.<sup>a</sup> em Recursos Hídricos, Prof.<sup>a</sup> Universidade Vale do Rio Verde - UninCor, Três Corações - MG,  
roeflorestal@hotmail.com

 <http://orcid.org/0000-0001-6339-392X>

**Alexandre Tourino Mendonça**

Dr. em Ciências dos alimentos, Prof. Universidade Vale do Rio Verde - UninCor, Três Corações - MG,  
alexandretourino@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-6646-0809>

**Claudiomir da Silva dos Santos**

Dr. em Promoção de Saúde, Prof. Instituto Federal Sul de Minas – IFSul de Minas, Campus  
Muzambinho, claudiomirsilvasantos@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-0007-7273>

## Introdução

O crescimento populacional e a conseqüente expansão das áreas urbanas sobre os remanescentes vegetacionais possui como uma das conseqüências, a geração de uma série de impactos sobre a fauna local. A dimensão desses impactos, assim como o estado de preservação da comunidade faunística é de interesse dos órgãos públicos que exigem a realização de estudos toda vez que um projeto de potencial impacto seja proposto para determinada região (SEMACE, 2023).

Os projetos de saneamento, no decorrer de sua implantação e operação possuem o potencial de impacto significativo sobre a fauna. Segundo Machon e Bonetto (2016), a remoção da cobertura vegetal, no âmbito da execução de projetos, predispõe o terreno local a processos erosivos, que podem acarretar em assoreamento de corpos d'água próximos, alterando a qualidade da água e afetando o ecossistema aquático local, além de resultar em perda de habitats e fragmentação florestal, afetando a fauna terrestre.

Neste contexto, no município de Horizonte, Estado do Ceará, foi proposto a realização do projeto de um Sistema Integrado de Efluentes Tratados (SIET-Vicunha) que visa a coleta e o tratamento de esgoto residencial e industrial da região. O sistema, com cerca de 22 km de extensão, se aproximava de áreas e fragmentos de vegetação remanescente em meio a áreas urbanizadas, assim como do importante Corredor Ecológico do Rio Pacoti, uma área de preservação que interliga duas unidades de conservação no Estado do Ceará, as APAs do Rio Pacoti e da Serra do Baturité (SEMACE, 2023).

Segundo Araújo et al. (2020), o Corredor Ecológico do Rio Pacoti possui grande importância estratégica para o Estado do Ceará, sendo uma das principais fontes de abastecimento de água para a região. Destaca-se ainda por abrigar parte dos últimos remanescentes de Mata Atlântica nas áreas de maiores altitudes, com vegetações em diferentes estados de conservação (CAVALCANTE, 2005 *apud* ARAÚJO et al., 2020).

O monitoramento e preservação desse tipo de corredor ecológico é importante também para a manutenção do fluxo gênico de espécies faunísticas importantes, tais como *Mazama gouazoubira* e *Herpailurus yagouaroundi*. Portanto, foi exigida pela Secretaria do Meio Ambiente o monitoramento de fauna das áreas próximas a todo o percurso da SIET-Vicunha. O monitoramento também possui relevância ecológica por apresentar um estudo sobre a composição faunística em áreas antropizadas e semi-antropizadas que pode ajudar a elucidar aspectos sobre a dinâmica e comportamento das populações sobre pressão da expansão urbana e a importância de fragmentos de vegetação e corredores ecológicos (CEARÁ, 2000).

Assim, objetiva-se avaliar o monitoramento de fauna, no município de Horizonte, Estado do Ceará, no âmbito do processo de instalação e operação de sistema de saneamento, afim de avaliar os impactos gerados pelo empreendimento.

## Material e Métodos

O monitoramento de fauna da SIET-Vicunha foi realizado por um período aproximado de dois anos, sendo realizado uma campanha de monitoramento a cada dois meses entre os anos de 2022 e 2023, totalizando 13 campanhas.

A área de estudo compreende às áreas marginais de um trecho de cerca de 22 km de extensão, onde se situa o percurso da SIET-Vicunha. O percurso do sistema começa na ETE de Pacajus, situada próxima a descampados alagáveis, fazendas de caju e áreas residenciais, atravessa os bairros industriais e residenciais de Horizonte, seguindo pelo por áreas urbanas entremeadas por fragmentos de vegetação em Aquiraz até chegar no rio Pacoti. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw – Clima tropical com inverno seco. A precipitação média gira em torno de 780 mm com temperatura média de 26 a 28°C (IPECE, 2009).

Foram definidas 7 unidades amostrais ao longo do trecho (Tabela 1 e Figura 6), abrangendo diferentes tipos de habitats, onde foram realizadas buscas ativas em transectos para a herpetofauna, mastofauna e ornitofauna. O estudo também utilizou câmeras armadilhas com iscas (milho, banana, batata doce e sardinha) e bat-detector (quiropterofauna) para a mastofauna, (WILLIS, 1979).

Tabela 1. Descrição das Unidades Amostrais do Monitoramento da SIET-Vicunha

| Unidade Amostral | Eixo X | Eixo Y  | Descrição   |
|------------------|--------|---------|---|
| UA1              | 554102 | 9556791 | Predomínio de Matas Ciliares ao redor do Rio Pacoti                             |
| UA2              | 554112 | 9556048 | Áreas Urbanas Residenciais  |
| UA3              | 556378 | 9552452 | Misto de Áreas Residenciais e fragmentos de vegetação nativa                    |
| UA4              | 556589 | 9556525 | Matas Ciliares do Riacho Catu, fragmentos florestais e áreas de criação de gado |
| UA5              | 556996 | 9549259 | Misto de Áreas Residenciais e fragmentos de vegetação nativa                    |
| UA6              | 557373 | 9546708 | Áreas Urbanas Residenciais e Industriais  |
| UA7              | 558285 | 9542941 | Misto de Áreas Residenciais, Plantações de Caju e Campos Alagáveis Eutrofizados |

Fonte: Geospace (2023).

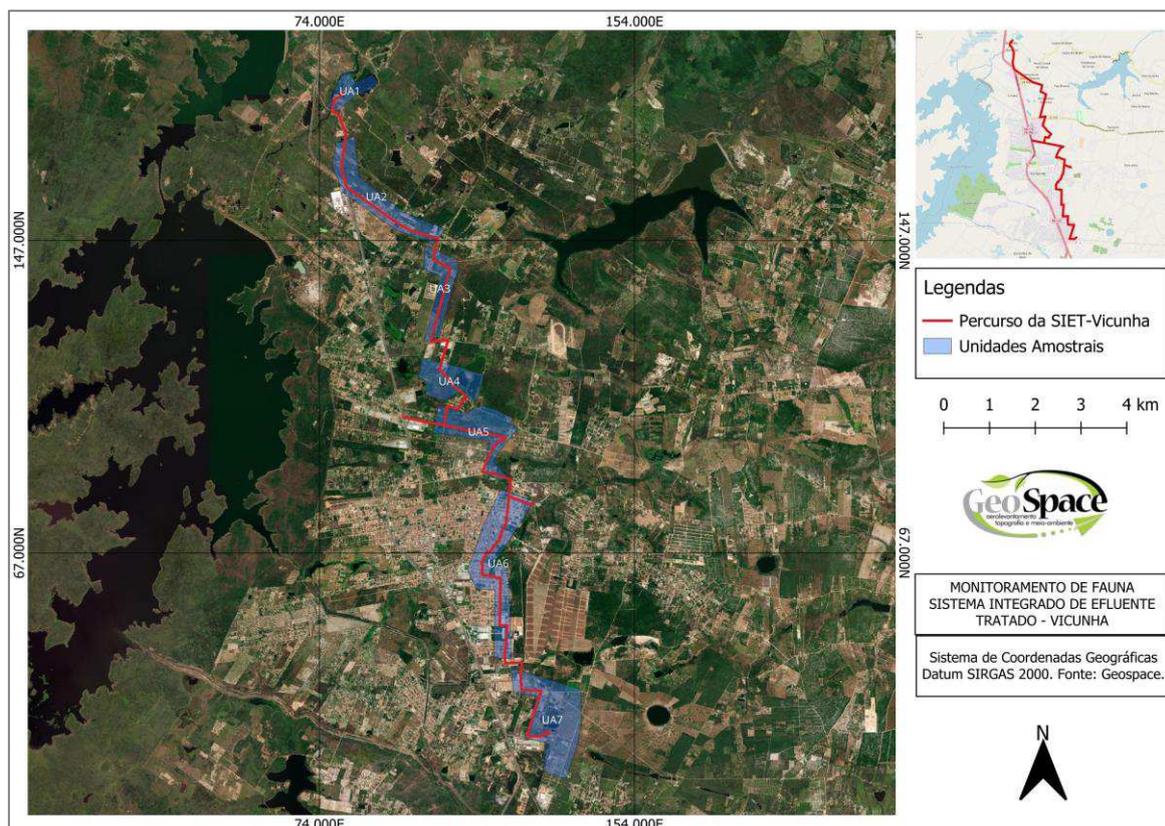


Figura 6. Localização do percurso da SIET-Vicunha e Unidades Amostrais.

Fonte: Geospace (2023).

Após a coleta em campo, os dados foram submetidos a cálculos estatísticos. Para averiguar a eficiência da amostragem, foi realizada a curva coletora (GONÇALVES et al., 2018) da ornitofauna.

Para estimativa da riqueza foi utilizado o índice de Chao 1 (CHAO, 1984), que é baseado no número de espécies raras dentro de uma amostra (Equação 1).

$$S_1 = S_{obs} + \frac{F_1^2}{2F_2} \quad (\text{Eq. 1})$$

Também foram utilizados os índices de diversidade de Shannon (MAGURRAN, 1988) e Simpson (SIMPSON, 1949), para a comparação dos dados entre as unidades amostrais. O nordeste brasileiro é caracterizado por sazonalidade marcante, com estações seca e chuvosa bem definidas, que influenciam na presença de certos grupos faunísticos. Por esse motivo, também foi realizado o cálculo desses índices para ambas estações climáticas (IPECE, 2009).

O Índice de Diversidade de Shannon (Equação 2) é usado para medir a diversidade em dados categóricos, levando em consideração o número de espécies e espécies dominantes. O valor do índice é aumentado conforme novas espécies são adicionadas e pela equitabilidade da abundância das espécies. Uma característica deste índice é que ele dá um maior peso as espécies raras (GUREVITCH et al., 2009).

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \quad (\text{Eq. 2})$$

O índice de diversidade de Simpson (Equação 3) avalia toda uma população amostrada, levando em consideração a abundância de organismos e riqueza destes, presentes na comunidade, em síntese, quanto maior esse índice, maior será a diversidade da comunidade avaliada (BEGON et al., 1990). O cálculo deste índice é realizado através da Equação 3.

$$1 - D = 1 - \sum p_i^2 \quad (\text{Eq. 3})$$

Embora as estimativas de biodiversidade com bases matemáticas não expressem puramente um significado biológico, os índices de diversidade são grandes aliados ao obter os valores empíricos e compará-los entre as comunidades (FURTADO & VIEIRA, 2020).

Para a listagem das aves migratórias, este estudo tomou como referência os trabalhos de Somenzari et al. (2018) e o Relatório de Área de Concentração de Aves Migratórias (CEMAVE, 2022).

## Resultados e Discussão

Ao final do monitoramento, foram registrados 7041 indivíduos distribuídos entre 228 espécies, 73 famílias e 33 ordens de vertebrados terrestres. As espécies que apresentaram maior abundância de registro foram aquelas com hábitos gregários tais como *Crotophaga ani*, *Jacana jacana* e *Vanellus chilensis*.

As famílias mais abundantes foram Cuculidae (841 ind.), Columbidae (807 ind.), Tyrannidae (545 ind.), Charadriidae (532 ind.) e Jacanidae (529 ind.) (Figura 7). Marrara 2020, objetivando revisar os registros das comunidades de aves do Centro de Endemismo de Pernambuco e a situação dos seus fragmentos, observou que as famílias mais frequentes foram Thraupidae, Tyrannidae e Thamnophilidae, sendo estas famílias da ordem Passeriformes. Quanto aos quantitativos das ordens, a ordem Passeriformes (2075 ind.) foi a mais abundante, representando 29,47% do total de espécies, seguida por Charadriiformes (1120 ind.) (Figura 3). De acordo com Wikiaves (2022), Passeriformes engloba o grupo das aves canoras e compreendem a mais numerosa das ordens, incluindo mais da metade de todas as espécies de aves descritas.

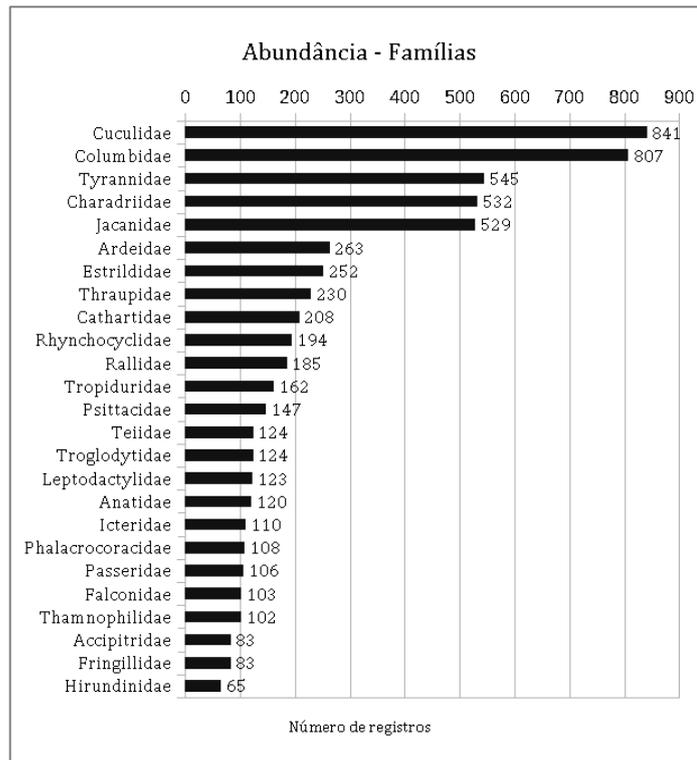


Figura 7. Quantidade de registros das principais famílias do monitoramento.

Fonte: Geospace (2023).

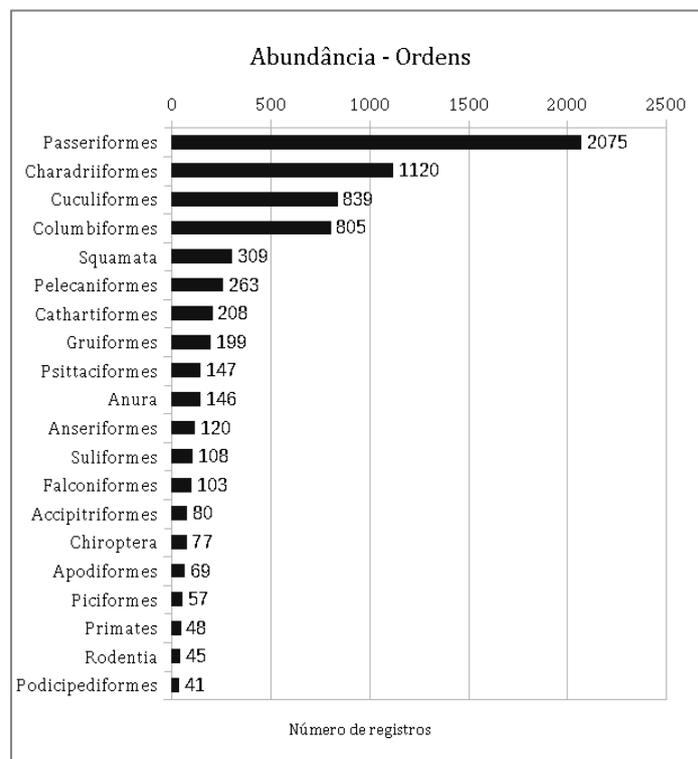


Figura 8. Quantidade de registros das principais ordens do monitoramento.

Fonte: Geospace (2023).

Quanto a estimativa da riqueza, através do cálculo de Chao 1 ( $S_1$ ) foi obtido uma riqueza estimada de 252 espécies de vertebrados terrestres. No âmbito do cálculo, o total de singletons foi de 32 espécies ( $F_1=32$ ) enquanto o total de doubletons foi de 21 espécies ( $F_2=21$ ). O monitoramento alcançou riqueza de 228 espécies, o que equivale a cerca 90% do total de espécies para a área.

Como demonstrado na Figura 4, a curva coletora, após elevado crescimento inicial, continua crescendo a uma taxa reduzida até apresentar leve tendência a estabilização nas últimas campanhas de monitoramento. A curva apresenta comportamento previsível, onde as primeiras amostragens revelam as espécies mais comuns e facilmente identificáveis, com amostragens subsequentes registrando espécies cada vez mais raras, crípticas e de difícil identificação. Adicionalmente, novas espécies podem ser registradas devido ao input de aves migratórias. Entretanto, Santos e Cademartori (2015), também traçaram a curva cumulativa em seu estudo na mata atlântica e observaram que houve tendência à estabilização no registro de espécies registradas, sinalizando que a amostragem foi suficiente.

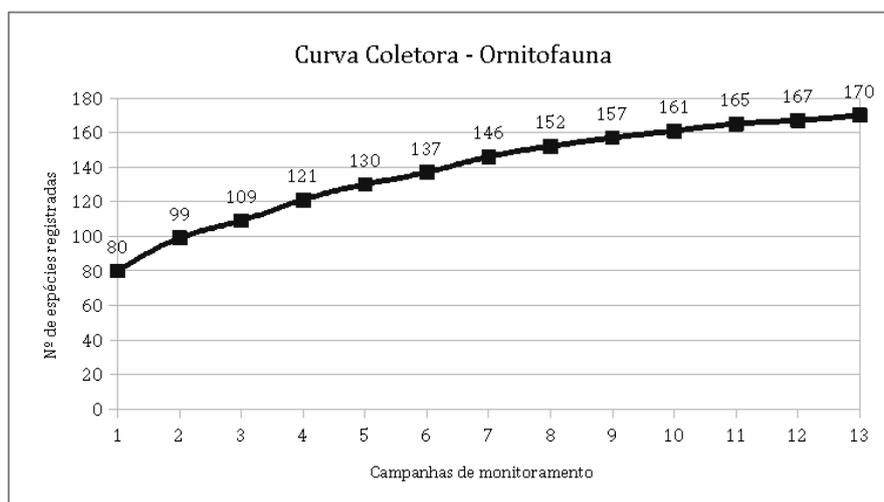


Figura 4. Curva coletora para ornitofauna.

Fonte: Geospace (2023).

### Índices de Diversidade

A Tabela 2 apresenta os valores dos índices de diversidade. Como esse índice depende de maior de riqueza e equitabilidade na abundância entre as espécies, maiores valores de índice podem indicar a presença de habitats mais saudáveis, podendo assim, teoricamente mostrar um panorama geral de áreas prioritárias para conservação.

Tabela 2. Valores dos índices de diversidade para cada unidade amostral e período climático

| Unidade Amostrai | Estação Seca |         |            | Unidade Amostrai | Estação Chuvosa |         |            |
|------------------|--------------|---------|------------|------------------|-----------------|---------|------------|
|                  | Shannon      | Simpson | Dominância |                  | Shannon         | Simpson | Dominância |
| UA1              | 3,756        | 0,958   | 0,041      | UA1              | 3,864           | 0,971   | 0,028      |
| UA2              | 2,387        | 0,826   | 0,173      | UA2              | 2,77            | 0,923   | 0,076      |
| UA3              | 3,251        | 0,946   | 0,053      | UA3              | 3,38            | 0,951   | 0,048      |
| UA4              | 3,307        | 0,924   | 0,075      | UA4              | 3,855           | 0,968   | 0,031      |
| UA5              | 3,166        | 0,935   | 0,064      | UA5              | 3,435           | 0,938   | 0,061      |
| UA6              | 2,788        | 0,9166  | 0,083      | UA6              | 2,404           | 0,848   | 0,151      |
| UA7              | 2,959        | 0,897   | 0,102      | UA7              | 3,239           | 0,932   | 0,067      |

Fonte: Geospace (2023).

Como demonstrado na Tabela 2, os maiores valores foram apresentados pelas UA1 (ES- 3,756; 0,958: EC- 3,864; 0,971) e UA4 (ES- 3,307; 0,924: EC- 3,855; 0,968). Estas unidades representam áreas que possui como característica mais marcante a presença de cursos d'água, no caso, os rios Pacoti e riacho Catu respectivamente. A combinação de disponibilidade de água, matas ciliares e fragmentos florestais mais preservados (ainda que os cursos d'água sejam eutrofizações pelas atividades humanas) explica a maior diversidade daquelas áreas, conforme observado também por Santos e Cadermatori (2015), no qual obteve um índice de Shannon (ES) de 3,18., avaliando quatro fitofisionomias mostradas em propriedade rural do município de Viamão - RS, atribuindo também maior índice de diversidade de Shannon no remanescente de vegetação nativa, podendo ser atribuído à grande quantidade e variedade de recursos presentes nessa fitofisionomia.

#### *Aves Migratórias*

Apesar do grau de antropização da área de estudo, foram identificadas 25 aves migratórias, sendo que 8 delas podem ser consideradas neárticas, reproduzindo-se no hemisfério norte. As outras 17 espécies se reproduzem no Brasil e tem padrões de migração variados (Tabela 3 e Figura 5).

Tabela 3. Aves migratórias e período de seu registro no monitoramento de fauna

| Espécie                           | Classificação (Somezari et al., 2018) | Reproduz no Brasil | Campanhas de monitoramento |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|-----------------------------------|---------------------------------------|--------------------|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                   |                                       |                    | 1                          | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       | 10      | 11      | 12      | 13      |
|                                   |                                       |                    | Set-Out                    | Nov-Dez | Jan-Fev | Mar-Abr | Mai-Jun | Jul-Ago | Set-Out | Nov-Dez | Jan-Fev | Mar-Abr | Mai-Jun | Jul-Ago | Set-Out |
| <b>Migratórias Neárticas</b>      |                                       |                    |                            |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| <i>Actitis macularius</i>         | MGT                                   | Não                |                            |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         | X       |
| <i>Calidris minutilla</i>         | MGT                                   | Não                |                            | X       | X       |         |         |         |         |         | X       |         |         |         |         |
| <i>Charadrius wilsonia</i>        | MGT                                   | Não                |                            |         |         |         |         |         |         |         | X       |         |         |         |         |
| <i>Limnodromus griseus</i>        | MGT                                   | Não                |                            | X       |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| <i>Tringa flavipes</i>            | MGT                                   | Não                |                            |         | X       |         |         |         |         |         |         |         |         |         | X       |
| <i>Tringa melanoleuca</i>         | MGT                                   | Não                |                            | X       |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| <i>Tringa solitaria</i>           | MGT                                   | Não                |                            | X       |         |         |         |         |         |         | X       | X       |         |         |         |
| <i>Hirundo rustica</i>            | MGT                                   | Não                |                            |         | X       |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| <b>Migratórias Austrais</b>       |                                       |                    |                            |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| <i>Rostrhamus sociabilis</i>      | MPR                                   | Sim                |                            |         |         | X       | X       |         | X       |         |         | X       | X       | X       |         |
| <i>Porphyrio martinica</i>        | MPR                                   | Sim                | X                          |         | X       | X       | X       |         | X       |         | X       | X       | X       | X       | X       |
| <i>Coccyzus melacoryphus</i>      | MGT                                   | Sim                |                            |         |         |         | X       | X       |         |         |         |         | X       |         |         |
| <i>Hydropsalis parvula</i>        | MPR                                   | Sim                |                            |         |         |         |         |         | X       |         |         |         |         | X       | X       |
| <i>Podager nacunda</i>            | MPR                                   | Sim                |                            |         |         |         |         |         |         |         |         |         | X       |         |         |
| <i>Pachyramphus polychopterus</i> | MPR                                   | Sim                | X                          |         |         |         |         |         | X       |         | X       | X       |         |         |         |
| <i>Pachyramphus validus</i>       | MPR                                   | Sim                |                            |         |         |         |         |         |         |         |         | X       |         |         |         |
| <i>Elaenia spectabilis</i>        | MPR                                   | Sim                |                            |         | X       |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| <i>Phaeomyias murina</i>          | ND                                    | Sim                |                            |         |         |         |         |         |         |         |         |         | X       | X       | X       |
| <i>Pitangus sulphuratus</i>       | MPR                                   | Sim                | X                          | X       | X       | X       | X       | X       | X       | X       | X       | X       | X       | X       | X       |
| <i>Tyrannus melancholicus</i>     | MPR                                   | Sim                | X                          | X       | X       | X       | X       | X       | X       | X       | X       | X       | X       | X       | X       |
| <i>Tyrannus savana</i>            | MPR                                   | Sim                |                            |         |         |         |         |         |         |         |         |         | X       |         |         |
| <i>Empidonomus varius</i>         | MPR                                   | Sim                |                            |         | X       |         |         |         |         |         |         |         |         | X       |         |
| <i>Fluvicola albiventer</i>       | MPR                                   | Sim                |                            |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         | X       |
| <i>Progne tapera</i>              | MPR                                   | Sim                |                            | X       |         |         |         |         |         |         |         | X       |         |         |         |
| <i>Turdus amaurochalinus</i>      | MPR                                   | Sim                |                            |         |         |         |         |         |         |         | X       |         |         |         |         |
| <i>Myiodynastes maculatus</i>     | MPR                                   | Sim                |                            | X       | X       |         |         |         |         |         | X       | X       | X       |         |         |

Fonte: Geospace (2023).

Dentre as espécies listadas como migratórias (CBRO, 2009), *Pitangus sulphuratus* e *Tyrannus melancholicus* apresentaram comportamento de aves residentes ou parcialmente migratórias, estando presentes abundantemente durante todas as amostragens. A espécie *Porphyrio martinica* também apresentou padrão semelhante, estando presente em ambas as estações seca e chuvosa. Morrison e Ross (1989) observaram um total de 25 espécies migratórias neárticas, entretanto, *Charadrius wilsonia* e *Tringa solitária*, observadas no presente estudo, não foram observadas pelos autores.

As espécies neárticas apresentaram padrão de migração bem definido começando a chegar em torno do mês de outubro, alcançando o pico de registros entre novembro e fevereiro, podendo se estender até abril. Nota-se também que são espécies que preferem ambientes aquáticos e eutrofizados, onde há abundância na oferta de alimento, ainda que sejam ecossistemas poluídos e próximo às atividades humanas (CEMAVE, 2023).

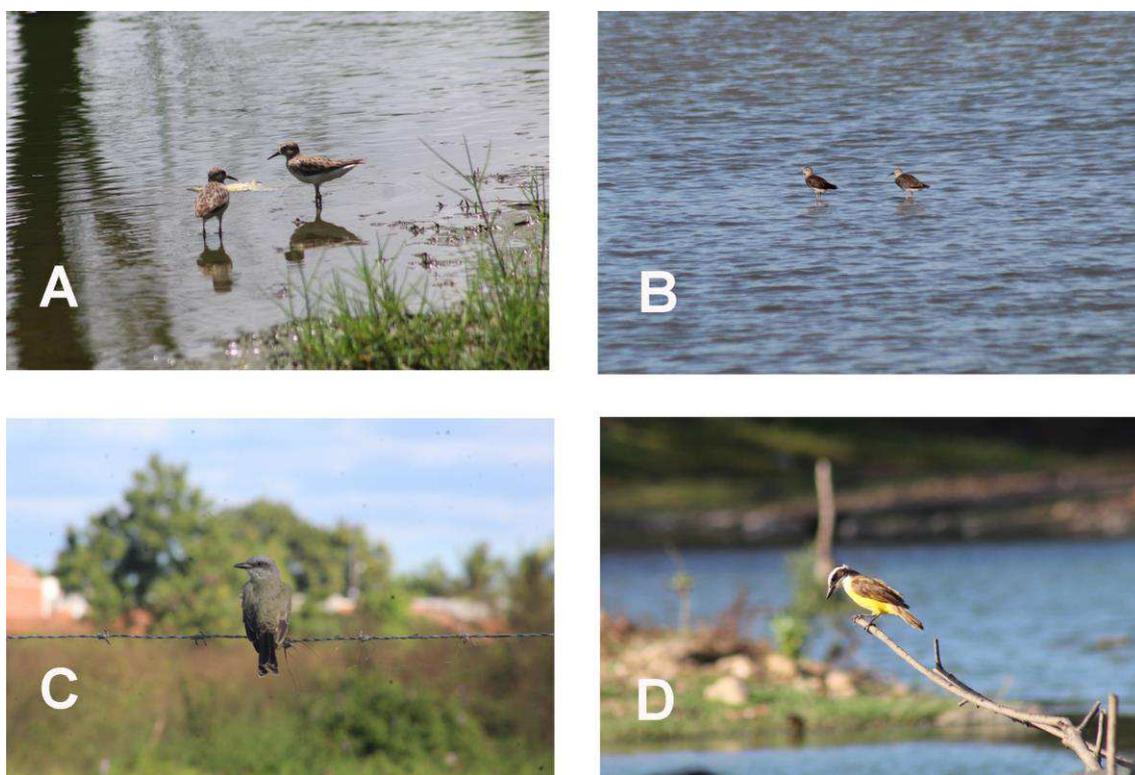


Figura 5. Aves migratórias registradas no monitoramento SIET-Vicunha. A – *Calidris minutilla*; B – *Tringa flavipes*; C – *Tyrannus melancholicus*; D – *Pitangus sulphuratus*.

Fonte: Geospace (2023).

#### Mastofauna em Áreas Antropizadas e Espécies Ameaçadas de Extinção

A área de estudo compreende locais antropizados em vários graus de intensidade, com fragmentos florestais que se tornaram parcialmente isolados. Ainda assim, é possível registrar a presença de membros significativos da mastofauna terrestre, incluindo espécies ameaçadas de extinção.

Neste estudo, foram registradas duas espécies de felinos ameaçadas de extinção, segundo as listas oficiais de espécies de fauna ameaçadas de extinção MMA (2022) e IUCN (2022), através de câmeras armadilhas, *Leopardus emiliae* (Gato-do-mato-pequeno) e *Herpailurus yagouaroundi* (Gato-mourisco). Além dessas espécies, outros membros da mastofauna também merecem destaque, como *Hydrochoerus hydrochaeris* (Capivara), *Procyon cancrivorus* (Mão-pelada) e *Dasypus novemcinctus* (Tatu-galinha) (Figura 6).

Estas espécies foram registradas nas unidades UA1 e UA4, representadas pelas áreas de vegetação em torno do Rio Pacoti e Riacho Catu (7). Esses resultados demonstram que, em tese, esses animais se utilizam das matas ciliares para se deslocar e conectar populações isoladas pela expansão das cidades. Esses rios, portanto, representam importantes corredores ecológicos, e a preservação das suas margens pode evitar a perda de material gênico e extinção local em fragmentos isolados. Osita, Miranda e Lucas (2022) objetivando realizar o inventário da mastofauna em fragmentos de Mata Atlântica em propriedades privadas na APA da Bacia do Rio São João, observaram que a maior riqueza de espécies fora em duas fazendas que apresentavam áreas muito preservadas e histórico de parcerias com ações de conservação dentro da APA.



Figura 6. Mastofauna e espécies ameaçadas de extinção na área do monitoramento. A – *Herpailurus yagouaroundi*; B e C – *Leopardus emiliae*; D – *Procyon cancrivorus*; E – *Dasypus novemcinctus*; F – *Hydrochoerus hydrochaeris*.

Fonte: Geospace (2023).

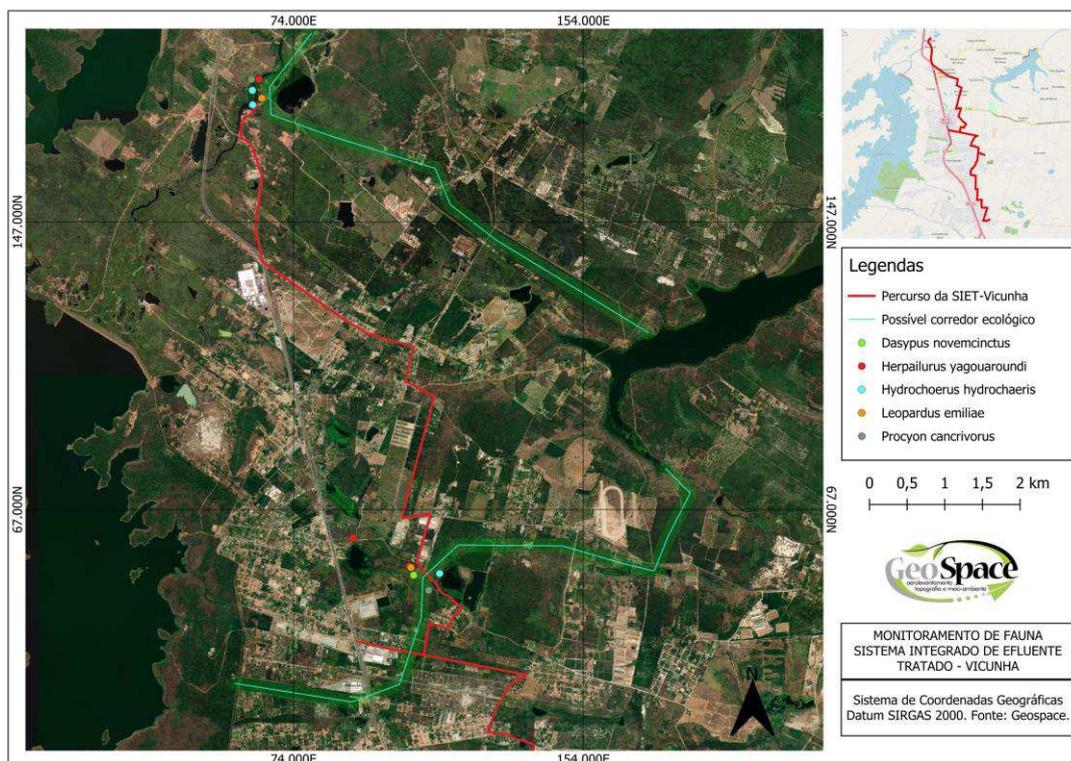


Figura 7. Pontos de registro da mastofauna.

Fonte: Geospace (2023).

## Conclusão

O estudo mostrou que, apesar do grau de antropização da área, é possível a existência de uma comunidade faunística relativamente rica em espécies, com este estudo alcançando o registro de 228 espécies de vertebrados terrestres, com a possibilidade de novos registros em amostragens subsequentes.

A preservação dos fragmentos florestais remanescentes e dos corredores ecológicos entre esses fragmentos é, em teoria, a chave para a preservação da fauna em áreas antropizadas ou semi-antropizadas. Neste sentido, o curso de rios e riachos atuam como corredores naturais para a fauna local e merecem atenção especial dos esforços de conservação.

## Referências

CBRO. Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. 2009. Lista das aves do Brasil. Versão 9/8/2009. Disponível em: <<http://www.cbro.org.br>>. Acesso em: 10/11/2023.

CEARÁ. Decreto nº 25.778, de 15 de fevereiro de 2000. Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental (APA) do rio Pacoti, nos municípios de Fortaleza, Eusébio e Aquiraz e dá outras providências.

Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=276896>. Acesso em: 10 de novembro de 2023.

- CEMAVE. Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Aves Silvestres. 2022. Disponível em: [https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de\\_pesquisa/cemave/noticias/cemave-publica-4a-edicao-do-relatorio-de-areas-de-concentracao-de-aves-migratorias-no-brasil](https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de_pesquisa/cemave/noticias/cemave-publica-4a-edicao-do-relatorio-de-areas-de-concentracao-de-aves-migratorias-no-brasil). Acesso em: 09 de novembro de 2023.
- CHAO, A. Nonparametric estimation of the number of classes in a population. *Scandinavian Journal of Statistics*, v.11, n.4, p.265-270, 1984.
- FURTADO, V. G. A.; VIEIRA, L. T. A. Estudo comparativo do índice de diversidade de Shannon-Wiener em diferentes fragmentos de cerrado no estado de São Paulo. *Vita Scientia*, v.3, n.esp., 2020.
- GONÇALVES, R. N.; GONÇALVES, J. R. D. S. N.; BUFFON, M. D. C. M. Metodologia e suficiência amostral em estudos etnobotânicos e etnofarmacológicos: relato de experiência. *Visão Acadêmica*, v.18, n.4, 2018.
- GUREVITCH, J.; SCHEINER, S. M.; FOX, G. A. *Ecologia Vegetal*. 2 Ed. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2009.
- IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. 2009. Disponível em: [https://www.ipece.ce.gov.br/wpcontent/uploads/sites/45/2018/09/Horizonte\\_2009.pdf](https://www.ipece.ce.gov.br/wpcontent/uploads/sites/45/2018/09/Horizonte_2009.pdf). Acesso em: 09 de novembro de 2023.
- IUCN. The red list of threatened species. 2014. Disponível em: <http://www.iucnredlist.org/amazing-species>. Acesso em: 28 de novembro de 2022.
- MAGURRAN, A. E.; MCGILL, B. J. *Biological diversity*. Frontiers in imprensa da Universidade de Oxford, Oxford. 2011.
- MAGURRAN, A. E. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, 1988.
- MARRARA, L. V. K. A comunidade de aves do centro de endemismo Pernambuco: revisão dos dados de ocorrência. 45f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade da Paraíba. João Pessoa, 2020.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. Portaria MMA Nº 148, de 7 de junho de 2022. Altera os Anexos da Portaria nº 443, de 17 de dezembro de 2014, da Portaria nº 444, de 17 de dezembro de 2014, e da Portaria nº 445, de 17 de dezembro de 2014, referentes à atualização da Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mma-n-148-de-7-de-junho-de-2022-406272733>.
- MORRISON, R. I. G.; ROSS, R. K. *Atlas of Nearctic shorebirds on the coast of South America*. Canadian Wildlife Service. Ottawa, Ontario. 1989.
- OSITA, N. S.; MIRANDA, C. R. R.; LUCAS, P. S. Levantamento da mastofauna em fragmentos de Mata Atlântica na APA da bacia do Rio São João. In: *SeBiVix*, 13, 2022. Anais... 2022.
- SANTOS, M. F. B. dos; CADEMARTORI, C. V. Composição e abundância da avifauna em quatro fitofisionomias de área rural pertencente ao domínio da Mata Atlântica no Sul do Brasil. *Ciência Florestal*, v.25, n.2, p.351-361. 2015

SEMACE. Secretaria do Meio Ambiente e Mudança do Clima. Disponível em: <https://www.semace.ce.gov.br/2010/12/08/corredor-ecologico-do-rio-pacoti/>. Acesso em: 10 de novembro de 2023.

SIMPSON, E. H. Measurement of diversity. *Nature*, v.163, n.4148, p.688-688, 1949.

SOMENZARI, M.; AMARAL, P. P.; CUETO, V. R.; GUARALDO, A. D.; JAHN, A. E.; LIMA, D. M.; LIMA, P. C.; LUGARINI, C.; MACHADO, C. G.; MARTINEZ, J.; NASCIMENTO, J. L. An overview of migratory birds in Brazil. *Papéis Avulsos de Zoologia*, v.19, n.58, 2018.

WIKIAVES. Aves: Minas Gerais. 2022. Disponível em: <<https://www.wikiaves.com.br/index.php> >. Acesso em: 15 de agosto de 2022

WILLIS, E O. Ranking urban avifaunas (Aves) by number of localities per species in São Paulo, Brazil. *Iheringia, Sér. Zool.*, v.88, p.139-146, 2000.

VAVREK, M. J.; VAVREK, M. M. J. Palaeoecological and palaeogeographical analysis tools. R package version 0.3, 7., 2012.

# QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO E O RISCO ENTUPIMENTO DE EMISSORES NA IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

**Mayra Gislayne Melo de Lima**

*Dra. em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, mayramelo.ufcg@live.com*

 <https://orcid.org/0000-0002-0247-3827>

**Denise de Jesus Lemos Ferreira**

*Dra. Profa. EBTT, IFBAIANO, Serrinha-BA, denise.ferreira@ifbaiano.edu.br*

 <https://orcid.org/0000-0003-1098-2696>

**Maria Sallydelândia de Farias Araújo**

*Dra. Profa., UFCG, Campina Grande-PB, sallydelandia@gmail.com*

 <https://orcid.org/0000-0002-3255-2024>

**Anna Rebeca Silva Nóbrega**

*Mestranda em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, anna.rebsil@gmail.com*

 <https://orcid.org/0000-0002-6059-8804>

## Introdução

A qualidade da água é um dos fatores primordiais na implantação de um projeto de irrigação e a falta de atenção pode ocasionar sérios prejuízos aos produtores, às culturas, ao solo e aos equipamentos, especialmente, na irrigação localizada por propiciar a aceleração do processo de entupimento dos emissores. De modo que o conhecimento prévio e a análise das características físico-químicas e microbiológicas da água se torna indispensável.

Todavia, devido a necessidade de uso de recursos hídricos de boa qualidade e de expansão da produção agrícola, a utilização de fontes de água de baixa qualidade, como é o caso das águas residuárias, é uma alternativa viável e um instrumento essencial na gestão ambiental, quando adotadas as tecnologias apropriadas para otimização de seu uso (MARQUES et al., 2022). Soares e Santos (2021) ressaltam sobre a viabilidade do reuso diante do cenário hídrico atual, como mais uma fonte de água diante das tradicionais, para atender as mais diversas demandas, auxiliando no planejamento da gestão de recursos hídricos e na resolução de conflitos relacionados ao uso da água.

Associada a disponibilidade de águas residuárias na agricultura está uma etapa essencial que consiste na seleção da cultura a ser irrigada, considerando suas características fitotécnicas e socioeconômicas, associadas a sua inserção regional, de modo a facilitar o manejo da água residuária em função de suas características físico-químicas e microbiológicas (ALVES et al., 2018). Ramos et al. (2022) enfatizam sobre a viabilidade do manejo de culturas a serem irrigadas com águas residuárias nos âmbitos sociais, ambientais e econômicos, levando em consideração que muitas vezes essas águas apresentam elevados teores de nutrientes, propiciando o aumento do rendimento agrícola.

Os autores Santos et al. (2020), ressaltam o uso de águas residuárias como alternativa bastante atrativa para os pequenos agricultores, uma vez que, visa a conservação dos recursos naturais e a redução dos impactos ocasionados pela adubação mineral. Destacando dentre as mais diversas águas residuárias disponíveis, as águas obtidas em fecularias, conhecidas popularmente como manipueira, resultantes do beneficiamento da mandioca para a produção de farinha ou amido, consideradas um fertilizante natural ou biofertilizante de baixo custo, comumente encontradas em regiões em que predomina a agricultura familiar (CARVALHO et al., 2021).

Associado a disseminação do uso de águas residuárias, devido ao aumento da demanda hídrica para atender a irrigação, é fundamental a busca e a adoção de sistemas de irrigação de alta eficiência, como é o caso da irrigação localizada, visando garantir que os recursos hídricos de melhor qualidade sejam destinados fins mais nobres como o abastecimento humano (LIMA et al., 2022). Os autores ainda ressaltam que ao se utilizar esses sistemas, deve-se atentar para a qualidade devido à alta susceptibilidade ao entupimento dos emissores, por possuírem pequenos labirintos e orifícios para a passagem de água. No entanto, Nakayama e Bucks (1986) propuseram alguns critérios específicos para a caracterização da água quanto ao risco de entupimento de emissores em irrigação localizada levando em consideração fatores físicos (sólidos em suspensão), químicos (pH, sólidos dissolvidos, Mn, Fe, H<sub>2</sub>S) e biológicos por meio da caracterização das populações bacterianas (TESTEZLAF et al., 2001).

Diante disso, essa pesquisa teve por objetivo caracterizar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água residuária de uma fecularia localizada na zona rural do município de Puxinanã-PB, classificando-os quanto ao risco de entupimento de emissores na irrigação localizada.

## **Material e Métodos**

A área da pesquisa abrange uma casa de farinha, também denominada como fecularia, situada no povoado Samambaia, na zona rural do município de Puxinanã-PB (Figura 1). Localizado na região Nordeste do Brasil no estado da Paraíba, o município Puxinanã-PB, que é conhecido como “A cidade dos Lajedos”, possui formação geológica caracterizada como cristalina e está situado na área geográfica de abrangência do semiárido brasileiro, na Região Geográfica Imediata de Campina Grande com quem faz limite, além dos municípios de Pocinhos, Lagoa Seca e Montadas (BEZERRA, 2021).

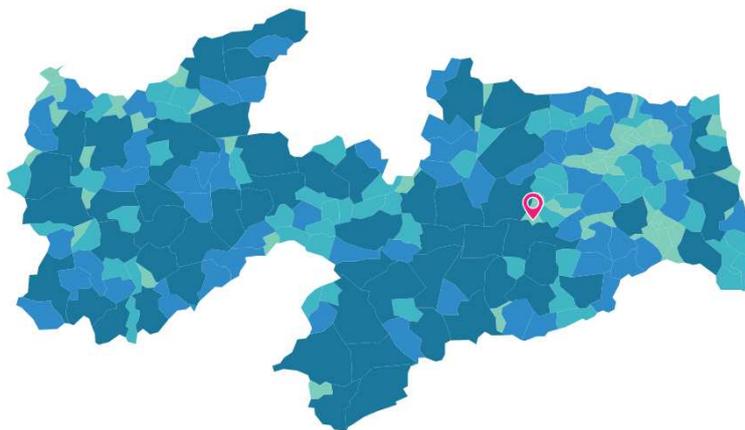


Figura 1. Localização do município de Puxinanã no Estado da Paraíba. Fonte: IBGE (2023).

Segundo Furtado et al. (2010) o município de Puxinanã-PB está sob as coordenadas geográficas 07°09'0,25" de latitude sul e 35°56'42,68" de longitude oeste, altitude de 657 m em relação ao nível do mar, a cerca de 150 km de distância da capital paraibana, com classificação climática AWi, caracterizado como clima tropical (megatérmico), segundo Köeppen, com precipitação média anual de aproximadamente 802,7mm. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022) o município possui 71,118 Km<sup>2</sup> de área territorial e uma população estimada de 14.277 habitantes.

Baseado no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (BRANDÃO et al., 2011) foi obtida a amostra de água residuária de fecularia analisada no Laboratório de Referência em Dessalinização-LABDES/UFCG e no Laboratório de Controle de qualidade do SENAI – Campina Grande-PB, em conformidade com as recomendações do Standard Methods (APHA, 2005) para a obtenção dos parâmetros físico-químicas e microbiológicos: Condutividade hidráulica, potencial hidrogeniônico, turbidez, cor, dureza em cálcio, dureza em magnésio, dureza total, sódio, potássio, alumínio, ferro total, alcalinidade em hidróxidos, alcalinidade em carbonatos, alcalinidade em bicarbonatos, alcalinidade total, sulfato, fósforo total, cloreto, nitrato, nitrito, amônia, sílica, sólidos suspensos, sólidos totais dissolvidos, coliformes totais e *Escherichia Coli*.

A água analisada foi utilizada na pesquisa de Lima (2022) que avaliou a influência do uso de água residuária de fecularia no processo de entupimento de diferentes modelos de fitas gotejadoras. Para isso, foram realizadas coletas de água ao longo de um dia de produção na casa de farinha, o armazenamento em recipientes de plásticos com capacidade para 25 L, o encaminhamento e o armazenamento das águas em recipientes de 200 L para uso em uma área experimental pertencente ao Laboratório de Engenharia de Irrigação e Drenagem (LEID), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), no Campus de Campina Grande-PB.

Antes de ser utilizada no experimento, a água residuária passou pelo processo de digestão anaeróbia por um período de 30 dias, conforme a metodologia proposta por Araújo et al. (2019), para

a liberação dos gases produzidos durante a biodigestão do efluente.

## Resultados e Discussão

Analisando as características físico-químicas e microbiológicas presentes na água residuária de fecularia utilizada na pesquisa (Tabela 1), é possível caracterizá-la de acordo com a sua adequabilidade para uso na irrigação, em especial, na irrigação localizada. De modo que, no que se refere aos problemas relacionados à salinidade, a água residuária de fecularia se enquadra no grau de restrição severa de uso. Por apresentar um alto valor de Condutividade Elétrica - CE ( $13,68 \text{ dS m}^{-1}$ ) acima de  $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ , de acordo com a classificação proposta por Ayers e Westcott (1999). Quanto ao pH a água residuária de fecularia, mostrou um risco de entupimento baixo, com valor abaixo de 7, segundo a classificação proposta por Nakayama e Bucks (1991). Entretanto, de acordo com Fialho et al. (2017), as águas consideradas mais ácidas, ou seja, com valor de pH abaixo de 6,0, possuem o risco de provocar corrosões nas tubulações metálicas, fazendo com que haja precipitação na água de substâncias químicas presentes nos tubos, e com que a corrosão favoreça a contaminação por microrganismos.

Tabela 1. Características físico-químicas e microbiológicas da água residuária de fecularia avaliada na pesquisa

| Parâmetros <sup>1</sup>                                   | Unidades                                  | Resultados |
|---|---|------------|
| CE  | $\text{dS m}^{-1}$ a $25^{\circ}\text{C}$ | 13,68      |
| pH  | -   | 3,6        |
| Turbidez  | uT  | 449,0      |
| Cor, Unidade Hazen  | $\text{mg Pt-Co L}^{-1}$                  | 936,0      |
| Dureza em cálcio  | $\text{mg L}^{-1}$                        | 380,0      |
| Dureza em magnésio  | $\text{mg L}^{-1}$                        | 1.440,0    |
| Dureza total  | $\text{mg L}^{-1}$                        | 6.950,0    |
| Sódio   | $\text{mg L}^{-1}$                        | 671,5      |
| Potássio  | $\text{mg L}^{-1}$                        | 34,1       |
| Alumínio  | $\text{mg L}^{-1}$                        | 0,63       |
| Ferro total   | $\text{mg L}^{-1}$                        | 1,11       |
| Alcalinidade em Hidróxidos                                | $\text{mg L}^{-1}$                        | 0,0        |
| Alcalinidade em Carbonatos                                | $\text{mg L}^{-1}$                        | 0,0        |
| Alcalinidade em Bicarbonatos                              | $\text{mg L}^{-1}$                        | 0,0        |
| Alcalinidade Total  | $\text{mg L}^{-1}$                        | 0,0        |
| Sulfato   | $\text{mg L}^{-1}$                        | 75,9       |
| Fósforo Total   | $\text{mg L}^{-1}$                        | 139,8      |
| Cloreto   | $\text{mg L}^{-1}$                        | 6.035,0    |
| Nitrato   | $\text{mg L}^{-1}$                        | 2,82       |
| Nitrito   | $\text{mg L}^{-1}$                        | 0,118      |
| Amônia  | $\text{mg L}^{-1}$                        | 99,61      |
| Sílica  | $\text{mg L}^{-1}$                        | 83,7       |
| Sólidos Suspensos   | $\text{mg L}^{-1}$                        | 55.466     |
| STD (Sólidos totais dissolvidos a $180^{\circ}\text{C}$ ) | $\text{mg L}^{-1}$                        | 8.824,5    |
| Coliformes Totais   | NPM/100 ml                                | 0,0        |
| Escherichia Coli  | NPM/100 ml                                | 0,0        |

<sup>1</sup>Os resultados dos parâmetros da referida tabela estão sendo avaliados de acordo com os valores padrão apresentados na Tabela 1, referente aos limites de sensibilidade dos emissores quanto ao risco de entupimento, de acordo com a classificação proposta por Bucks et al. (1979) e Capra e Scicolone (1998). Fonte: Lima (2022).

Com relação aos altos valores de turbidez (449,0 uT) e cor (936,0 mg Pt-Co L<sup>-1</sup>) os autores Alves et al. (2021), atribuem isso a presença de materiais sólidos em suspensão, que reduzem a transparência da água residuária. Fato que de acordo com Correia et al. (2018), pode ser confirmado pela concentração extremamente alta de sólidos suspensos totais. Além disso, pode ser provocada também pela oxidação da matéria orgânica presente e de outras substâncias como o zinco, ferro, manganês (BRASIL, 2005) e, em especial, no caso da água residuária de fecularia pela presença do líquido leitoso resultante do beneficiamento da mandioca. Com relação a coloração da água residuária de fecularia utilizada, o amarelo forte característico dessa água está associado à presença de sólidos dissolvidos (CORREIA et al., 2018), parâmetro que teve alta concentração na análise da água em estudo.

Sobre os valores referentes à dureza da água residuária de fecularia, Nakayama e Bucks (1986) afirmam que, o risco de entupimento em função da qualidade da água utilizada na irrigação por gotejamento é reduzido quando o resultado desse parâmetro é menor que 150 mg L<sup>-1</sup>, dessa forma, pelos valores de dureza de cálcio, dureza de magnésio e dureza total trazem alto risco de entupimento das unidades gotejadoras (MENDES, 2012). Referente à toxicidade de íons específicos, a concentração de sódio apresentou restrição para o uso na irrigação por ter concentração superior a 69 mg L<sup>-1</sup>. Além dessa, a concentração de cloreto com grau de restrição severa (acima de 355 mg L<sup>-1</sup>), de acordo com Ayers e Westcost (1999). Farias et al. (2016) destacam que, concentrações elevadas de cloreto e sódio podem ocasionar problemas às culturas, afetando na produção.

Sobre os valores de ferro total, de acordo com a classificação proposta por Nakayama e Bucks (1986) esse parâmetro apresenta um nível de risco de entupimento moderado por estar situado entre 0,2 – 1,5 mg L<sup>-1</sup>. A presença de nitrogênio na água residuária de fecularia utilizada na pesquisa, pode ser evidenciada pelo valor de amônia encontrado na análise, sendo considerada uma fonte de nitrogênio de baixo custo, comprovando a indicação dessa água residuária na fertirrigação, de modo que o produtor possa reduzir os gastos com fertilizantes químicos. Todavia, os altos teores de nitrogênio, conjuntamente com os demais parâmetros para o entupimento dos emissores, refletem o risco de contaminação dos corpos hídricos com o lançamento indevido dessas águas no meio ambiente. Uma vez que, de acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) em sua Resolução 430/2011, o limite máximo de amônia no efluente para lançamento deve ser 20 mg L<sup>-1</sup>, desse modo, o valor desse parâmetro na pesquisa foi bem superior ao estabelecido pela norma.

Segundo Fleck (2018), o lançamento de efluentes com elevados teores de nitrogênio ocasiona o processo de eutrofização, que consiste na proliferação de algas na superfície da água, criando uma camada espessa que impossibilita a entrada da luz solar nas regiões mais profundas, prejudicando o sistema ecológico. Com relação a presença de potássio, para Ferreira (2015), esse parâmetro também pode influenciar no processo de entupimento dos emissores, pois assim como a amônia este nutriente contribui para a proliferação de bactérias, fazendo com que sejam formados mucilagem e biofilme ao longo das linhas laterais.

Com relação à população bacteriana, no que se refere ao entupimento biológico dos emissores a água residuária de fecularia estudada apresentou baixo risco de entupimento, já que os resultados foram negativos para *Coliformes totais* e *Escherichia Coli*. Segundo Araújo et al. (2017), as bactérias do grupo Coliformes são utilizadas como indicadores de condições higiênico-sanitárias de água e alimentos. Mataruco et al. (2019) destacam que, essas bactérias, normalmente, não são encontradas em águas residuárias oriundas do processamento vegetal, uma vez que, estão associadas as fezes de animais de sangue quente.

## **Conclusão**

A qualidade da água residuária de fecularia analisada apresentou grau de restrição severa para uso na irrigação localizada, devido ao risco potencial de entupimento de emissores para os parâmetros físico-químicos condutividade elétrica, sólidos dissolvidos, dureza de cálcio, dureza de magnésio e dureza total, sódio, cloreto, ferro total, amônia e potássio. Com baixa susceptibilidade ao entupimento biológico devido à ausência de microrganismos dos grupos Coliformes Totais e *Escherichia Coli*.

Diante disso, recomenda-se a realização de tratamentos prévios para o uso dessas águas na irrigação, o monitoramento do desempenho hidráulico dos sistemas para detecção de indícios de entupimento nos emissores e a realização de manutenções preventivas.

## **Referências**

- ALVES, M. C.; BATISTA, G. A.; GUEDES, B. L.; SOUZA, S. M. C. de. Caracterização da água residuária do café oriunda do processamento úmido dos grãos. In book: Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.3, p.79-88, 2021.
- ARAUJO, S. R. F. de; CARMO, E. do S. D. do; SILVA, J. B. da; BARROS, T. L. de; SILVA, L. C. P. da; SOUZA, P. O. M. Perfil microbiológico da farinha de tapioca produzida na zona rural do Município de Santa Izabel do Pará. Multidisciplinaridade nas Ciências Ambientais: biotecnologia de alimentos e plantas e impactos ambientais das atividades agropecuárias / Altem Nascimento Pontes. Belém: EDUEPA, 2017.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p.
- BEZERRA, A. de S. A feira de Puxinanã-PB e sua reestruturação espacial na atualidade. 26f. Monografia (Curso de Licenciatura em Geografia). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2021.
- BRASIL, Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Disponível em:< <https://licenciamento.cetesb.sp.gov.br>> Acesso em: abr. 2022.
- CORREIA, I. A. dos; SILVA, N. C. B.; SOUZA, A. T. de; SCANDELAI, A. P. J. Caracterização da manipueira e possibilidades de tratamento. Colloquium Exactarum, v.10, n. esp., p.180- 185, 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2022. Cidades. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/sao-jose-dos-cordeiros.html>. Acesso em: 20/07/2023.

FIALHO, J. M.; LEITE, M. A.; PIÃO, A. C. S.; DORNFELD, C. B.; PRADO, H. F. A. Avaliação microbiológica da água consumida por uma população rural de Ilha Solteira – São Paulo. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*, v.11, n.3, p.273-286, 2017.

FARIAS, D. S. C. R.; FARIAS, S. A. R.; DANTAS NETO, J. Avaliação de água de poços tubulares para consumo humano no Município de Boa Vista, Paraíba. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.11, n.5, p.08-14, 2016.

FERREIRA, D. de J. L. Controle estatístico de qualidade em sistema de irrigação por gotejamento utilizando efluente de reator anaeróbio. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2015.

FLECK, L. Otimização das condições operacionais do sistema de tratamento biológico da água residuária proveniente da produção de fécula de mandioca. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. 2018.

FURTADO, D. A.; ROCHA, H. P.; NASCIMENTO, J. W. B.; SILVA, J. H. V. Índices de conforto térmico e concentração de gases em galpões avícolas no semiárido paraibano. *Engenharia Agrícola*, v.30, n.6, p.993-1002, 2010.

LIMA, M. G. M. de. Controle estatístico no monitoramento hidráulico de unidades gotejadoras utilizando água residuária de fecularia diluída. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2022.

LIMA, M. G. M. de; FERREIRA, D. de J. L.; DANTAS NETO, J.; PEDROZA, J. P.; SABOYA, L. M. F.; SENA, L. F. Controle estatístico no monitoramento do entupimento de unidades gotejadoras irrigadas com água de fecularia diluída. *Irriga*, v.27, n.4, p.700-714, 2022.

MATARUCO, S. M. C.; ROYER, M. R.; BITTENCOURT, P. R. S.; PERES, W. V. Controle de coliformes em efluentes com a utilização de óleo de *Eucalyptus citriodorus* ou extrato de semente da *Moringa oleífera*. *Revista Conhecimento Online*, v.11, n.1, 2019.

NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. Water quality in drip/trickle irrigation: A review. *Irrigation Science*, v.12, p.187-192, 1991.

NAKAYAMA, F. S. Water treatment. In: NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. (ed.). *Trickle irrigation for crop production*. Amsterdam: Elsevier. Cap.3, p.164-187, 1986.

# ANÁLISES INTEGRADA DOS RECURSOS NATURAIS: COMPARAÇÃO DOS ASPECTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DO SOLO EM ÁREAS DE EUCALIPTAL E PASTAGEM

**Hernani Ciro Santana**

*Dr. em Ciências Humanas. Prof. Titular, UNIVALE, Governador Valadares -MG,  
hernani.santana@univale.br*

 <https://orcid.org/0000-0002-7654-1271>

**Dayane Gonçalves Ferreira**

*Ms. em Construção Metálica, Profa. Titular, UNIVALE, Governador Valadares, MG,  
dayane.ferreira@univale.br*

 <http://lattes.cnpq.br/4941883554876026>

## Introdução

O comparativo de áreas com pastagem e plantio de eucalipto é um assunto de grande relevância, em especial para a região leste do estado de Minas Gerais, visto que a opção por floresta plantada pelos proprietários rurais tem crescido consideravelmente (SILVA, 2005). No entanto, não se sabe ao certo quais são impactos que essa espécie exótica pode causar na estrutura geral do solo (DE VECHI, 2018). De acordo com o proprietário da fazenda Taiaman, propriedade em estudo, a atividade predominante é a pecuária, através da bovinocultura de leite e corte, por esse motivo, as análises se dão no solo que atende a atividade de pecuária e no solo que atende o cultivo de eucalipto.

De forma geral, as características do solo mudam de acordo com a atividade empregada no mesmo, alterando sua capacidade de fertilização e, conseqüentemente, de produção (SILVA, 2005). É válido ressaltar que em toda atividade existem técnicas que visam uma maior produtividade aliado a um meio ambiente equilibrado; por exemplo, na pastagem - o pastejo PRV, Pastejo Racional Voisin (BERTON, 2011), já no caso o cultivo do eucalipto seriam as técnicas de preparação do terreno para o plantio, combate a formigas e cupins (AVAM FLORA, s.d), entre as demais técnicas. A forma na qual a atividade está instalada na propriedade será levada em consideração para os resultados finais.

O tema abordado divide opiniões entre ambientalistas e adeptos do cultivo de eucalipto, visto que ambas as partes se embasam em estudos e análises realizadas em diversos tipos de solo. Isso

acontece devido as diferentes reações que o solo tem a determinadas atividades nele exercida (DA SILVA, 2010). Mediante a isto, buscou-se reunir dados através de análises com o propósito de responder o seguinte problema da pesquisa: Existem alterações no solo devido aos diferentes cultivos?

O objetivo do estudo em questão busca analisar a diferença entre duas áreas de uma propriedade sendo uma utilizada como pastejo e a outra no plantio do eucalipto, a fim de descrever as diferentes alterações no solo provenientes de diversos tipos de cultura.

### **Material e Métodos**

O estudo de análise do solo foi realizado na fazenda Taiaman, localizada no córrego Lajinha no município de Jampruca-MG, com uma área total de 308 ha, sendo que 190 ha com o plantio de eucalipto e 118 ha direcionados a pastagem. A área de eucalipto está dividida em três subáreas, plantados há nove anos, onde são encontradas diversas espécies de eucalipto, com o plantio de forma aleatória, delimitada por linhas vermelhas. A área de pastagem está dividida em três subáreas, com a presença de gado, utilizada há 50 anos, com uma escassez hídrica, tendo apoio de poços artesianos feito pelo proprietário da fazenda, delimitada por linhas amarelas (Figura 1).

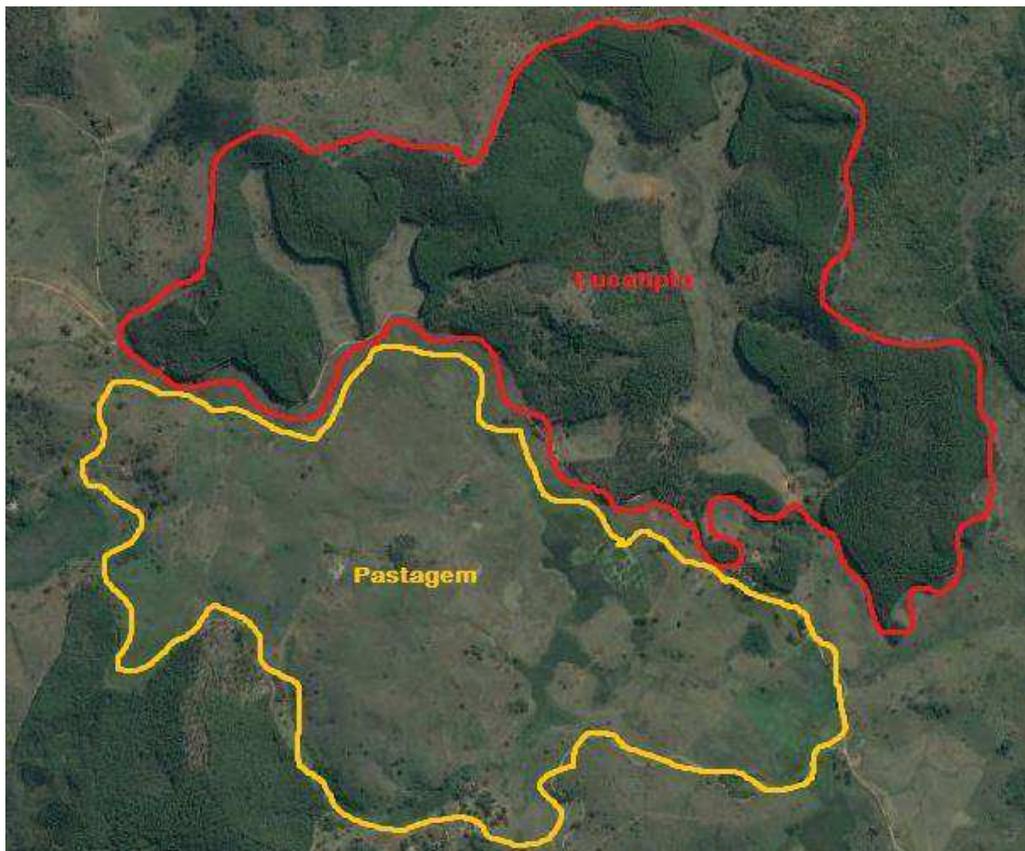


Figura 1. Imagem espacial da propriedade delimitando duas áreas, eucalipto e pastagem.

Fonte: Google Earth (2023).

Foram realizados testes físicos, químicos e biológicos para a avaliação nas áreas eucaliptais e de pastagens, com a finalidade de avaliar e comparar o solo dos dois tipos de atividades existentes no local (EMBRAPA, 2014).

A fazenda possui duas vegetações principais onde foram feitas análises tátil-visual, sendo a análise feita *in loco* com o objetivo de determinar e avaliar previamente o tipo de solo encontrado em cada área analisada, resultado que será levado em conta durante os demais testes.

Para a realização da análise física definiu-se seis locais para coletas de solos, sendo três amostras coletadas na área de pastagem e três na área de eucalipto, para fins de estimar as características do mesmo, a análise feita *in loco*, dos seguintes procedimentos, utilizando o tato para desfazer os torrões presentes na amostra de solo coletada, os torrões difíceis de serem desfeitos (duros), resulta em solos argilosos; torrões médios, solos siltosos; sem a presença de torrões, solos arenosos, (Figura 2); com o solo em mãos, adiciona-se água deixando a amostra úmida, observa-se a sua capacidade de absorver ou não a água, caso forme uma lâmina alta de água, solos argilosos; lâmina média, solos siltosos; sem a presença de lâmina d'água, solos arenosos (Figura 3) (EMBRAPA, 2014).



Figura 2. Análise tátil, método resistência seca.



Figura 3. Análise tátil, método de dilatância.

O objetivo principal dessa análise é conhecer a distribuição granulométrica do agregado (solo), sendo possível identificar suas características físicas. Para a análise granulométrica foram coletadas 18 amostras, sendo 9 amostras na área de pastagem e 9 amostras na área eucaliptal. Depois de coletado, o solo passou pelos procedimentos de secar amostra ao ar; desmanchar os torrões presentes no solo; fazer o quarteamo do solo, até se obter uma amostra significativa (Figura 4) (EMBRAPA, 2014).



Figura 4. Quarteamento do solo.

Na sequência a amostra foi passada pelas peneiras, com auxílio do aparelho vibrador, com o tempo de 10 a 15 minutos. Para determinar a umidade do solo, retirou-se uma parte da amostra usada para o teste de granulometria e colocou-se na estufa por 24 horas a uma temperatura de 105 a 110°C. A densidade aparente (densidade bruta) foi determinada através do método de anel volumétrico. Foram coletadas amostras indeformadas, sendo 3 amostras retiradas de cada subárea, totalizando assim 18 amostras. O presente teste foi realizado com anel de aço contendo bordas cortantes, seguindo os procedimentos de acordo com o Manual de Métodos de Análise de Solos (TEIXEIRA, 2017), onde foi determinado o volume do anel ou cilindro que contem a amostra, anotado o peso, em seguida foi colocado na estufa a 105°C e, após 24 e 48 horas, retirado para esfriar e pesar novamente. Após a retirada do anel volumétrico foi verificada a eficiência da amostra e registrado, se for o caso.

A infiltração vertical da água no solo é classicamente estudada utilizando-se o infiltrômetro de duplo anel, onde se inunda uma superfície de solo com cilindros concêntricos de 25 e 50 cm, conforme citado por Bernardo (2006). Os anéis possuem 25 cm de altura, encravados no solo cerca de 10 cm e mantendo-se uma lâmina d'água de 15 cm de altura dentro dos anéis, permitindo uma oscilação máxima de 2 cm até a estabilização da taxa de infiltração. As medidas de infiltração são feitas no cilindro interno, sendo o externo apenas para diminuir os chamados efeitos de bordadura e infiltração lateral (ELESBON, 2009). Uma régua graduada indicará o nível d'água "h" dentro do cilindro interno.

Foi adicionado água ao mesmo tempo nos dois anéis e, com uma régua graduada, fez-se a leitura da lâmina d'água no cilindro interno ou anota-se o volume de água colocado no anel, com intervalos de tempo pré-determinados. A diferença de leitura entre dois intervalos de tempo, representa a infiltração vertical neste período. Quando não se dispuser do cilindro externo, pode-se fazer uma bacia em volta do cilindro menor e mantê-la cheia de água enquanto durar o teste. A finalidade do anel externo ou da bacia é evitar que a água do anel interno infiltre lateralmente, mascarando o resultado do teste. A altura da lâmina d'água nos dois anéis deve ser de 15 cm, permitindo-se uma variação máxima de 2 cm. No início do teste, essa altura pode influenciar nos resultados, entretanto, com o decorrer do tempo, ela passa a não ter efeito. O teste termina quando a TI permanecer constante. Na prática, considera-se que isto ocorra quando TI variar menos que 10% no período de 1 (uma) hora. Neste momento, considera-se que o solo atingiu a chamada taxa de infiltração estável (CARVALHO, 2006).



Figura 5. Análise de infiltração (duplo anel).



Figura 6. Análise de infiltração (duplo anel).

Foram amostrados seis sites, distantes pelo menos 500m entre si, sendo três sites em pastagem e três em cultivo de eucalipto com 9 anos de idade. Em cada site demarcou-se um transecto, com 10 pontos amostrais, distantes 20 m uns dos outros, alinhados na direção norte, totalizando assim 60 pontos de coleta de dados. Para a coleta de formigas, foram utilizadas armadilhas do tipo “Pitfalls” (Figura 7) que permaneceram durante 48 horas no campo. Após este período o conteúdo foi retirado e armazenado em potes contendo álcool 70, e então levadas ao laboratório de Entomologia da UNIVALE, onde o material foi triado, quantificado e identificado até o menor nível taxonômico possível. As coletas foram executadas uma vez na estação chuvosa e uma vez na estação seca.



Figura 7. Armadilha “Pitfall” para capturar formigas.

Através do programa Past usou-se o teste de NMDS (Nom-Metric Multidimensional Scaling) para realização da comparação de espécies de formigas de ambas as áreas. Primeiramente construiu-se um gráfico de duas dimensões através do NMDS, utilizando-se o índice Bray-Curtis de similaridade, que foram calculados através de tabela de presença e ausência para cada área tendo como grupo cada coleta realizada. Para a produção do mapa elaborou-se uma planilha onde as colunas representaram as espécies de formigas e as linhas as áreas coletadas. Todas as linhas que continham zero foram retiradas da planilha para evitar que o programa concluísse máxima dissimilaridade entre pontos que não haviam sido amostrados. Para uma melhor análise do NMDS checamos o valor de stress que indica a adequação do ajuste das dissimilaridades no mapa (CAMPOS, 2007).

A análise química teve por objetivo principal apresentar a composição química de nutrientes de determinado solo. Para isso, foram necessárias amostras homogêneas para que se identifique de forma mais eficaz o terreno. Essa análise é de grande utilidade para o produtor, pois o permite conhecer as deficiências e aptidão de seu terreno. Além disso, ela destaca a atividade que exige mais do solo, sendo necessária uma atenção especial nessas áreas; apresentam resultados mais rápidos, evita os gastos desnecessários por parte do produtor, e principalmente, que ele recupere as áreas necessárias, usando técnicas de correção e adubação do solo (TEIXEIRA, 2017).

Para realizar a análise química as amostras devem ser coletadas em forma de zigue-zague partindo de um primeiro ponto (Figura 8), cada ponto refere-se a uma amostra retirada a uma profundidade de 0 a 10 cm com cerca de 500g, as mesmas são colocadas em um balde plástico limpo e misturadas, são identificadas e etiquetadas com número ou código para serem levadas ao laboratório (EMBRAPA, 1997).

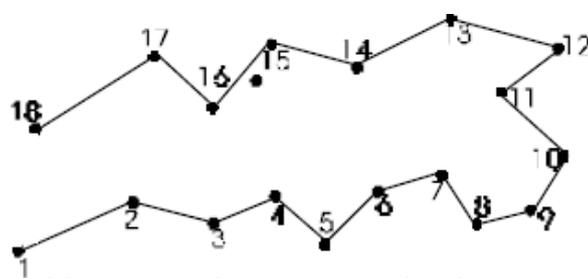


Figura 8. Retirada de amostras em zigue-zague.

### Resultados e Discussão

Os resultados obtidos através das diversas análises nos mostram a situação de como se encontram atualmente o solo, tanto da região do eucalipto quanto da região da pastagem.

O conhecimento das propriedades físicas do solo é de grande importância para auxiliar no uso e ocupação das terras, tendo em vista a recuperação de áreas degradáveis, construção de edificações e plantio dos mais variados cultivos (REICHERT, s.d).

É de muita importância a identificação de qual tipo de solo se está trabalhando (HENRIQUE, 2011). Através da análise tátil-visual foi possível constatar uma predominância na propriedade de um solo de grãos mais finos (Tabelas 1 e 2). Caracterizando-o como um solo mais vulnerável a compactação.

Tabela 1. Resultados obtidos na análise tátil-visual na área da pastagem

| Pastagem  | Tipo de Solo Predominante | Tipo de Cultivo Predominante |
|-----------|---------------------------|------------------------------|
| Subárea 1 | Argila-arenosa            | Capim-braquiária             |
| Subárea 2 | Silte-arenoso             | Capim-braquiária             |
| Subárea 3 | Silte-arenoso             | Capim-braquiária             |

Tabela 2. Resultados obtidos na análise tátil-visual na área do eucalipto

| <b>Eucalipto</b> | <b>Tipo de Solo Predominante</b> | <b>Tipo de Cultivo Predominante</b> |
|------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Subárea 1        | Silte-arenoso                    | Eucalipto                           |
| Subárea 2        | Argila-arenosa                   | Eucalipto                           |
| Subárea 3        | Silte-arenoso                    | Eucalipto                           |

Já a análise granulométrica, indica as dimensões dos grãos do solo. Através dos dados é possível separar os solos e determinar dimensões de partículas e suas respectivas percentagens de ocorrências.

Com os resultados obtidos através das análises de granulometria, foi possível identificar as características físicas do solo, sendo ele um solo que possui uma grande quantidade de grãos mais finos. Foi constatado na maioria das amostras que o solo ficou retido em sua maior parte nas três últimas peneiras, que possuem por sua vez as menores dimensões.

Como complemento da análise granulométrica foi realizado o teste de umidade higroscópica que apresentou resultados com variações nos locais analisados (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados da análise de umidade higroscópica

| <b>Ponto</b> | <b>Subárea</b> | <b>Local</b> | <b>Capsula</b> | <b>Tara</b> | <b>Tara + Solo + Água</b> | <b>Tara + Solo</b> | <b>Umidade %</b> |
|--------------|----------------|--------------|----------------|-------------|---------------------------|--------------------|------------------|
| 1            | 1              | P            | 80             | 0,0232      | 0,0872                    | 0,0792             | 9,82             |
| 2            | 1              | P            | 139            | 0,029       | 0,0815                    | 0,0773             | 5,43             |
| 3            | 1              | P            | 69             | 0,0292      | 0,0782                    | 0,0765             | 2,22             |
| 1            | 2              | P            | 194            | 0,0268      | 0,0738                    | 0,0728             | 1,73             |
| 2            | 2              | P            | 68             | 0,0294      | 0,0821                    | 0,0777             | 5,66             |
| 3            | 2              | P            | 58             | 0,0292      | 0,0831                    | 0,0808             | 2,85             |
| 1            | 3              | P            | 91             | 0,0303      | 0,0969                    | 0,0924             | 4,87             |
| 2            | 3              | P            | 149            | 0,0257      | 0,0861                    | 0,0847             | 1,65             |
| 3            | 3              | P            | 73             | 0,0297      | 0,088                     | 0,0861             | 2,21             |
| 1            | 1              | E            | 83             | 0,0289      | 0,0921                    | 0,0906             | 1,66             |
| 2            | 1              | E            | 42             | 0,0303      | 0,0962                    | 0,0936             | 2,78             |
| 3            | 1              | E            | 59             | 0,0259      | 0,0943                    | 0,0917             | 2,84             |
| 1            | 2              | E            | 80             | 0,0301      | 0,0817                    | 0,0789             | 3,55             |
| 2            | 2              | E            | 115            | 0,03        | 0,0829                    | 0,0814             | 1,85             |
| 3            | 2              | E            | 56             | 0,0282      | 0,0774                    | 0,0762             | 1,57             |
| 1            | 3              | E            | 38             | 0,027       | 0,0707                    | 0,069              | 2,46             |
| 2            | 3              | E            | 143            | 0,0264      | 0,0785                    | 0,0773             | 1,55             |
| 3            | 3              | E            | 96             | 0,0272      | 0,0873                    | 0,0861             | 1,39             |

A maior variação na pastagem ocorreu no ponto 1, subárea 1, apresentando a maior taxa de umidade (9,82%), com o ponto 2 da subárea 3, apresentando a menor taxa de umidade (1,65%). Isso porque o primeiro se encontra numa região mais baixa, mais úmida e a segunda se encontra numa região mais alta, mais acidentada, meio de morro, onde acontece com mais facilidade o escoamento superficial da água. Já na área do eucalipto, houve uma menor variação, sendo do ponto 1, subárea 2, apresentando a maior taxa de umidade (3,55%), com o ponto 3, subárea 3, apresentando a menor taxa

de umidade (1,39%). Isso porque as coletas realizadas na área do eucalipto foram em locais mais uniformes, geralmente em topo de morros e em locais mais acidentados. É válido lembrar que o eucalipto só foi plantado em áreas com declividade e em topos de morro, não em regiões baixas, alagadas.

Já fazendo o comparativo das áreas distintas de pastagem e eucalipto, destacam-se o ponto 1, subárea 2 do eucalipto (3,55%) e o ponto 3, subárea 3 da pastagem (2,21%). Esses pontos estão localizados em topos de morro, no entanto, apresentam uma diferença de 1,34% de umidade. Isso devido ao fato da área de eucalipto está florestada com árvores de médio e grande porte, enquanto a área de pastagem está desprotegida, apenas coberta por forrageiras.

Na pastagem encontram-se alguns pontos com níveis de umidade maior, que são os pontos: 1, subárea 1 (9,82%); 2, subárea 1 (5,43%); 2, subárea 2 (5,66%); 1, subárea 3 (4,87%). Esses pontos estão localizados em áreas baixas, alagáveis. Já os demais pontos localizados nessa mesma área estão em terrenos mais íngremes e acidentados, eles mantêm uma média de 2,132% de umidade. Já os pontos que se encontram em terrenos semelhantes na área do eucalipto mantêm uma média de 2,183%, comprovando a afirmativa que as áreas com coberturas vegetais mantem o solo mais úmido.

Segundo Multiquip (s.d), o estudo de densidade aparente determina a quantidade de matéria existente em uma unidade de volume, ajudando na caracterização de um material, permitindo definir o nível de compactação dos mesmos, tornando-se possível saber qual atividade levou o solo a um maior ou menor nível de compactação nos últimos anos.

A área da pastagem apresentou o maior índice de densidade de todo o teste, sendo o “ponto 1” da “subárea 1”, com 1,826 g/cm<sup>3</sup>, uma média entre as análises realizadas na área de 1,473 g/cm<sup>3</sup> e uma variação entre a maior e a menor análise de 0,747 g/cm<sup>3</sup>. A área do eucalipto apresentou o menor índice de densidade do teste, sendo o “ponto 3” da “subárea 3”, com 0,977 g/cm<sup>3</sup>, uma média entre as análises realizadas na área de 1,407 g/cm<sup>3</sup> e uma variação entre a maior e a menor análise de 0,636 g/cm<sup>3</sup>.

Portanto, conclui-se que o solo do cultivo de eucalipto está menos compactado do que o solo da pastagem no que se diz respeito ao seu nível de densidade, ou seja, além apresentar uma média menor e uma menor variação entre o maior e a menor análise, a área ainda detém a amostra com menor índice de densidade, sendo essa área considerada a menos compactada da propriedade.

A infiltração permite ou facilita o acúmulo da água superficial no solo, abastecendo assim poços que dão origem às nascentes ou fontes, contribuindo para a alimentação dos cursos d'água. É um processo de grande importância prática, pois afeta diretamente o escoamento superficial, que é o componente do ciclo hidrológico responsável pelos processos de erosão e inundações (CARVALHO, 2006). Sendo assim, com a infiltração é possível definir a permeabilidade, sendo indicador de compactação e densidade do solo.

O teste de infiltração tem como objetivo fornecer dados característicos das áreas analisadas, bem como a capacidade do solo em absorver a água. Esse teste irá, juntamente com o teste de

densidade, indicar o grau de compactação das diferentes áreas da propriedade. A área da pastagem se apresentou com uma capacidade menor de absorção de água, chegando-se à estabilização com um volume de água igual a 5 litros, num período de tempo igual a 47,27 minutos, como mostra os números coletados no teste. A área do eucalipto se apresentou com uma capacidade maior de absorção de água, criando até mesmo uma situação inusitada para o grupo, pois, após serem utilizados 120 litros de água, num período de 04:41:14 horas, não se conseguiu chegar à estabilização que seria de três medições de 10 minutos, chegando-se ao máximo na variação dos dois centímetros d'água em 03:29 minutos, fazendo com que o teste fosse abortado e concluído sua boa capacidade no quesito infiltração. Portanto, o teste indica uma superioridade do solo do eucalipto em absorver água e seu menor grau de compactação, corroborando assim com o teste de densidade ao avaliar a área que se encontra com solo em melhor estado.

Na propriedade em questão, o pisoteio de gado com grande porte, já que é vendido diretamente aos frigoríficos pode influenciar no aumento da compactação do solo (IMHOFF, 2000). Em contrapartida, esses solos são mais impermeáveis, favorecendo no armazenamento de água na superfície, agregando na funcionalidade de manejo interno na propriedade e contribuindo para uma melhor valorização da mesma (SANTOS & HERNANDEZ, 2013). O fato de a propriedade passar por graves problemas com relação à água para dessedentação de animais e para o abastecimento das casas que nela se encontram, nos levam a subtender que o pisoteio de gado na Área de Preservação Permanentes das Nascentes, foi um fator determinante para a compactação das mesmas, posto que o solo é argiloso e se compacta com mais facilidade.

O manejo correto do solo é um dos pontos principais para o sucesso na atividade agropecuária. Assim, a amostragem do solo, com o objetivo de conhecer sua fertilidade natural, constitui-se no primeiro passo a ser seguido pelo produtor, para possibilitar que técnicos habilitados possam recomendar de forma racional a calagem e a adubação a serem realizadas considerando a cultura que será estabelecida na área (RONQUIM, 2010).

O pH do solo serve para avaliar as condições de um solo: ácido, neutro ou alcalino. A escala de pH vai do 1 ao 14, sendo 7 a neutralidade, abaixo de 7 a acidez e acima de 7 a alcalinidade. A faixa ideal de pH para o desenvolvimento das plantas é de 5,5 a 6,5. Os solos ácidos apresentam problemas para a agricultura porque as plantas não desenvolvem bem nestas condições de acidez (EMBRAPA, 2014). A disponibilidade de nutrientes é muito pequena para as plantas o que acarreta em baixa produtividade das lavouras (RONQUIM, 2010). As análises encontradas nas duas áreas demonstram que as condições do solo da propriedade se encontram ideais para o cultivo de eucalipto e pastagens.

As áreas mais acidentadas são mais propícias a perda de nutrientes, carregamentos destes através das enxurradas, em contrapartida, as regiões mais planas têm mais facilidade de reter os nutrientes, pois o escoamento superficial tende a acontecer de forma mais branda (CARNEIRO, 2009).

As análises químicas mostraram parâmetros satisfatórios para o cultivo de eucalipto, como também para o cultivo de pastagens, portanto, o emprego de macronutrientes não traria a princípio

um retorno econômico. A perspectiva do produtor com relação à produção irá direcioná-lo com relação ao emprego de investimentos com adubação. Deve ser considerada uma adubação na área de plantio do eucalipto, onde os índices de micronutrientes se encontram fora dos parâmetros normais e satisfatórios, especialmente o Boro (CARNEIRO, 2009).

A correção no momento certo aumenta a longevidade do solo, desta forma ele se mantém fértil por mais tempo, evitando o seu esgotamento e reduzindo os investimentos safra a safra na sua correção. Um solo equilibrado fornece todos os nutrientes que a lavoura necessita para se manter saudável, e assim como nós, plantas saudáveis correm riscos menores de serem afetadas por doenças, reduzindo assim a necessidade de uso de defensivos agrícolas (EMBRAPA,2014).

Na análise biológica realizada nas áreas de pastagem e eucalipto, foram coletados gêneros de formigas com características específicas, mostrando assim, a situação atual de cada ambiente.

Existem gêneros que são encontradas nos mais diversos locais do país, como a *Pheidole*, *Ectatomma*, *Brachymyrmex* e *Solenopsis* (BACCARO, 2015). Estas foram encontradas tanto no pasto quanto no eucalipto, tendo como principal característica nidificar no solo, troncos, embaixo de pedras e vegetação baixa. Também são encontradas aquelas espécies que são habitantes de locais perturbados, locais em que ocorreu alguma modificação no ambiente, tais espécies como *Wasmannia*, *Hylormyrmex* e *Pseudomyrmex* (BACCARO, 2015), que foram encontradas em grande quantidade, podemos destacar a *Wasmannia aorupunctata* que foram coletadas 857 formigas, na área de pastagem na primeira coleta, e na área de eucalipto foram coletadas 439 formigas, mostrando que ambos os locais estão bem perturbados.

Foi encontrado também um gênero raro em apenas uma subárea, a *Anochetus* que geralmente é encontrada em florestas, mas foi capturada na área de pastagem. Assim como a *Anochetus* que é uma espécie arbórea, muitas outras espécies, normalmente encontradas em florestas, como *Camponotus arborius* e *Cephalotes pusillus* (BACCARO, 2015) estavam presentes na área de pastagem, isso pode ser resultado da tolerância de algumas formigas às mudanças ambientais.

Além disso, podemos classificar espécies como pragas agrícolas, como a *Atta* que se encontra presente em locais de agricultura, pecuária e florestas. Temos as que pertencem às florestas e as áreas de pastagem e clareiras como *Mycocephurus*, *Ectatomma*, *Sericomyrmex*, *Atta*, *Acromyrmex*, *Eciton* e *Odontomachus* (BACCARO, 2015).

Um gênero encontrado com uma certa frequência no eucaliptal foi *Solenopsis*. Sabe-se que as *Solenopsis* são espécies muito agressivas na utilização da matéria orgânica frequentes em ambientes agrícolas, são formigas resistentes à falta de alimento em longos períodos (MARINHO, 2002).

Uma espécie encontrada com pouca frequência foi a *Brachymyrmex*, de acordo com Marinho (2002) isso pode ser explicado pela dificuldade que essa espécie tem de se adaptar a modificações no meio em que vive.

Uma espécie muito encontrada foi a *Camponotus crassus* tanto no eucalipto quanto na pastagem, isso pode ser explicado por essa espécie ser uma espécie generalista, comum em ambientes degradados (MARINHO, 2002).

Assim, é possível notar uma grande diferença na quantidade de formigas da primeira e segunda coleta, onde foram coletadas 5218 e 1075 respectivamente, essa diferença pode ter ocorrido devido à seca durante a primeira coleta e ao período chuvoso durante a segunda coleta. De acordo com os cálculos realizados a diversidade de formigas na área de pastagem e na área de eucalipto foi semelhante, tendo uma média de 20,5 espécies por área na pastagem, enquanto a média da área de eucalipto é de 19,6 espécies por área, resultado que nos mostra que não existe uma diferença relevante de espécies nas áreas analisadas. Com tudo, segundo Marinho (2002), em eucaliptais existem uma diminuição na riqueza de espécies, pois é menor a diversidade de substratos de nidificação e de alimentos. Diante disso, o cultivo de eucalipto quando comparado à pastagem estariam mais conservados, porém com uma diminuição da incidência de espécies (BRAGA, 2010).

Os resultados provavelmente se relacionam com o manejo praticado na propriedade nas duas áreas, sendo necessário que cada espécie de formiga se adapte ao ambiente e recursos disponíveis, isso implica diretamente na quantidade e, principalmente, na diversidade de formigas. Isto corrobora com os resultados sobre o impacto causado na comunidade de formiga pelo manejo em áreas eucaliptais.

Para melhor compreensão dos dados coletados usamos o programa Past, no caso, a proximidade entre os pontos está ligada a quantidade de espécies que um tem em comum com o outro, ou seja, a distância entre os pontos representa a similaridade entre as amostras. Esse programa nos revelou resultados significativos, pois mostrou que existe uma semelhança entre as formigas coletadas nas três subáreas de eucalipto e uma semelhança entre as formigas coletadas nas três subáreas da pastagem, mostrando que as formigas acompanham as diferenças do ambiente e estão naquele ambiente por algum motivo, seja ele por comida, facilidade em fazer ninhos, entre outros (Figura 9). Para melhores observações obtivemos um valor de estresse menor que 0,2 e um valor de R igual a 0,6235 onde quanto maior o valor de R melhor a distinção dos grupos, com uma probabilidade de erro desse resultado de 0,0006, ou seja, muito pequena.

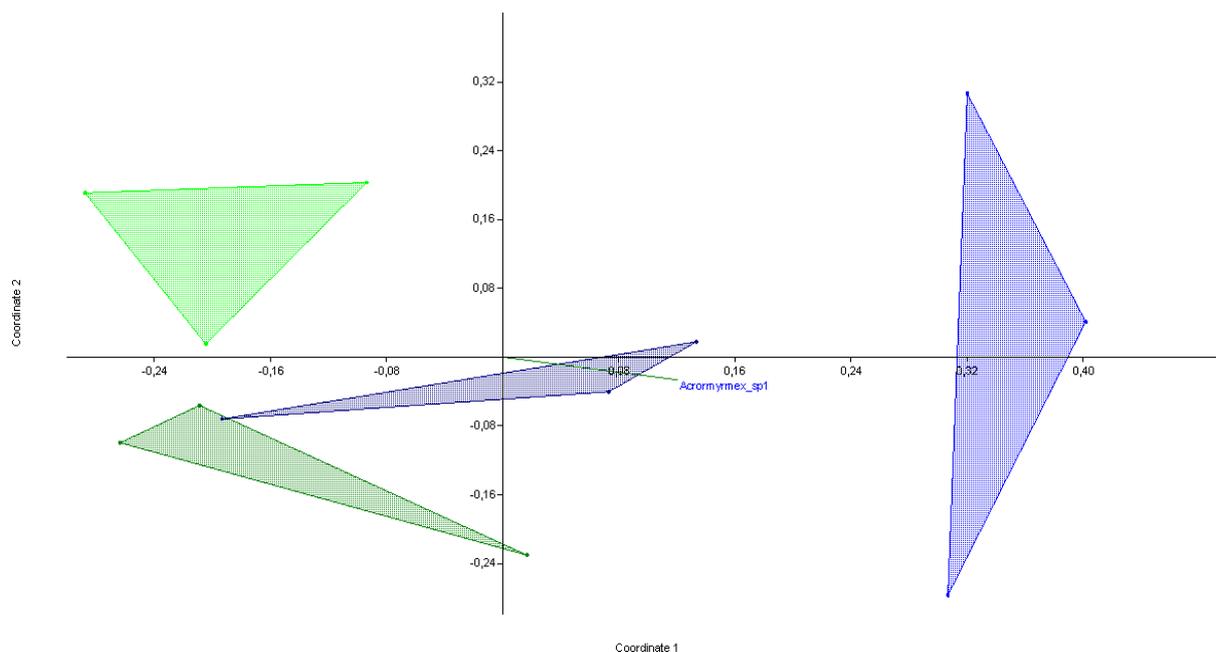


Figura 9. Gráfico de ordenamento feito por NMDS (Non-Metric Multidimensional Scaling) para formigas de solo coletadas em duas áreas de cultivo distintas. Em verde os pontos amostrados em sites localizados em área de cultivo de eucalipto e em azul os sites localizados em área de pastagem.

### Conclusão

A comparação integrada de recursos naturais por meio da análise dos aspectos físicos, químicos e biológicos do solo em áreas de eucaliptal e pastagem forneceu insights cruciais para a compreensão desses ambientes. Esta investigação não apenas destacou diferenças substanciais entre as duas áreas, mas também evidenciou as características únicas que definem cada uma delas.

No contexto dos recursos naturais, a análise química do solo na pastagem revelou uma notável riqueza em micro e macronutrientes, indicando condições ideais para o suporte da vegetação. Essa abundância de nutrientes também se manifestou na diversidade observada no ecossistema de formigas, sinalizando um ambiente propício à biodiversidade.

Por outro lado, o solo no eucaliptal se destacou por suas propriedades físicas distintas. Sua estrutura porosa e baixa compactação resultaram em uma capacidade superior de absorção de água, contribuindo para a manutenção de níveis de umidade mais elevados no solo. Essas características são de suma importância quando se considera a gestão sustentável dos recursos hídricos em um contexto mais amplo de recursos naturais.

Esses resultados enfatizam a relevância de uma abordagem abrangente na avaliação e gestão dos recursos naturais, incorporando não apenas aspectos químicos, mas também físicos e biológicos do solo. Tal abordagem é crucial para uma tomada de decisões embasada e sustentável relacionada ao uso e conservação desses recursos naturais tão essenciais para nossa sociedade e ecossistema.

### Referências

AVAM FLORA. Floresta Plantada, Natureza Preservada. Como plantar o Eucalipto? Disponível em: <<http://www.avamflora.com.br/comopltantar.php>>. Acesso em: 24 de fevereiro de 2023.

- BACCARO, F. B.; FEITOSA, R. M.; FERNANDEZ, F.; FERNANDES, I. O.; IZZO, T. J.; SOUZA, J. L. P.; SOLAR, R. Guia para os gêneros de formigas do Brasil. Manaus: Editora INPA, 2015. 388p.
- BERNARDO, S. Manual de irrigação. 9.ed. Viçosa: UFV, 2019. 545p.
- BERTON, C. T.; RICHTER, E. M. Referências agroecológicas pastoreio racional voisin (prv). 2011. Disponível em: <<http://www.cpra.pr.gov.br/arquivos/File/CartilhaPRV.pdf>>. Acesso em: 23 de fevereiro de 2023.
- BRAGA, D. L.; LOUZADA, J. N. C.; ZANETTI, R.; DELABIE, J. Avaliação rápida da diversidade de formigas em sistemas de uso do solo no sul da Bahia. *Neotropical Entomology*, v.39, n.4, p.464-469, 2010.
- CAMPOS, R. B. F.; SCHOEREDER, J. H.; SPEBER, C. F. Small-scale patch dynamics after disturbance in litter ant communities. *Basic and Applied Ecology*, v.8, p.36-43, 2007.
- CARNEIRO, M. A. C. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, p.147-157, 2009.
- CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. Apostila de Hidrologia. 2006. Disponível em: <<http://www.ufrjr.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap5-INF.pdf>>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2023.
- DA SILVA, V. T. et al. Comparação entre parâmetros abióticos e a estrutura florestal de um fragmento de floresta e um reflorestamento abandonado de eucalipto (*Eucalyptus saligna* Smith) no parque ecológico da Klabin, Telêmaco Borba/PR. *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde*, v.31, n.1, p.37-51, 2010.
- DE VECHI, A.; JÚNIOR, C. A. O. M. Aspectos positivos e negativos da cultura do eucalipto e os efeitos ambientais do seu cultivo. *Revista Valore*, v.3, n.1, p.495-507, 2018.
- EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 4 ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2014. 376p.
- ELESBON, A. A. A.; MARQUES, F. A.; SILVA, D. D.; CAIXETA, S. P.; CASTRO JR., W. L.; CONTIN, F. S. Modelagem Morfométrica da Bacia do Rio São Mateus Braço Norte a partir de dados da SRTM. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 18, 2009, Campo Grande. Anais...Campo Grande, 2009.
- HENRIQUE, J. Por que conhecer o chão que se pisa? 2011. Disponível em: <<https://jonashenriquelim.wordpress.com/2011/11/20/a-importancia-dos-estudos-pedologicos-no-nosso-dia-a-dia/>>. Acesso em: 28 de fevereiro de 2023.
- IMHOFF, S.; DA SILVA, A. P.; TORMENA, C. A. Aplicações da cura de resistência no controle da qualidade física em um solo sob pastagem. 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/pab/v35n7/1493.pdf>>. Acesso em: 01 de abril de 2023.
- MARINHO, C. G. S.; ZANETTI, R.; DELABIE, J. H. C.; SCHLINDWEIN, M. N.; RAMOS, L. D. S. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serapilheira em eucaliptais (Myrtaceae) e área de cerrado de Minas Gerais. *Neotropical Entomology*, v.31, n.2, p.187-195, 2002.

MULTIQUIP. Manual de compactação de solo. Disponível em: <[http://www.multiquip.com.br/imagens/catalogo/Catalogo\\_Compacta%E7%A6odeSolo\\_20050822132416.pdf](http://www.multiquip.com.br/imagens/catalogo/Catalogo_Compacta%E7%A6odeSolo_20050822132416.pdf)>. Acesso em: 28 de fevereiro de 2023.

REICHERT, J. M. FS x planta Relação massa/volume Granulometria Área superficial específica. Disponível em: <[http://www.fisicadosolo.ccr.ufsm.quoos.com.br/downloads/Disciplinas/FisicaSolo/FS-planta\\_relacoes\\_granul\\_ase.pdf](http://www.fisicadosolo.ccr.ufsm.quoos.com.br/downloads/Disciplinas/FisicaSolo/FS-planta_relacoes_granul_ase.pdf)>. Acesso em: 28 de fevereiro de 2023.

RONQUIM, Carlos César. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. 2010.

SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T. Uso do solo e monitoramento dos recursos hídricos no córrego do Ipê, Ilha Solteira, SP. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 17, p. 60-68, 2013.

SILVA, J. de C. Cresce presença do eucalipto no Brasil. 2005. Revista da Madeira, ed. 92. Disponível em: <[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=803&subject=Eucalipto&title=Cresce](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=803&subject=Eucalipto&title=Cresce)>. Acesso em: 23 de fevereiro de 2016.

TEIXEIRA, P. C. et al. Manual de métodos de análises de solo. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2017. 574p.

# DIAGNÓSTICO DA ARBORIZAÇÃO E ANÁLISE DA QUALIDADE AMBIENTAL DO IFPB – CAMPUS JOÃO PESSOA

**Gustavo Pereira Melo Lima**

Gestor Ambiental pelo IFPB - João Pessoa, [gustavo.pereira@academico.ifpb.edu.br](mailto:gustavo.pereira@academico.ifpb.edu.br)

 <http://lattes.cnpq.br/0717274052570825>

**Camila Costa da Nóbrega**

Engenheira Florestal da AES Brasil, Dra. Em Ciência do Solo (UFPB), [camilacnobrega@gmail.com](mailto:camilacnobrega@gmail.com)

 <https://orcid.org/0000-0001-7754-4338>

**Gilcean Silva Alves**

Biólogo, Dr. em Agronomia, Professor do IFPB, [gilcean.alves@ifpb.edu.br](mailto:gilcean.alves@ifpb.edu.br)

 <https://orcid.org/0000-0002-8760-2041>

## Introdução

O crescimento desordenado das cidades, juntamente com o êxodo rural e a superpopulação dos centros urbanos, fez com que a parte representativa da fauna e flora local fosse suprimida ou extinta, e conseqüentemente, os efeitos disto são sentidos pela própria população, como a baixa de qualidade de vida (ARANTES, 2017). Por isso a introdução da arborização nos ambientes urbanos tem sido bastante discutida e utilizada. Na verdade, é possível notar que desde o início das civilizações, ela faz parte do contexto urbano das cidades. Os grandes jardins e parques da antiguidade são exemplos de que já se havia algum tipo de preocupação com o assunto, claro, mais voltado para espaços de lazer (LOBODA & DE ANGELIS, 2005).

A presença da arborização urbana, causa uma série de efeitos positivos tanto para a qualidade de vida da população urbana, que se beneficia de seus serviços, quanto pela própria fauna que se reconstrói, mesmo dentro de um meio desfavorável. A arborização se difere das áreas verdes por ser representada por qualquer elemento vegetal presente no meio urbano, independente do porte ou localização. São os elementos presentes no ambiente literalmente antropizado, sofrendo interferências diretas do mesmo além do manejo inadequado. No caso das áreas verdes, elas são áreas planejadas ou fruto do processo paisagístico do meio urbano (BIONDE, 2015 *apud* MARTINI & CANGUÇU, 2020).

Com o tempo, foi tornando cada vez mais necessária a presença de áreas verdes nas regiões urbanizadas. Essas áreas têm o papel de aproximar o máximo o ambiente urbano de um meio natural, e minimizar os efeitos da industrialização e suas consequências. As áreas verdes podem disponibilizar diversos serviços ambientais, como: efeito visual estético, causando bem estar; diminuição de ruídos, servindo como amortecedor acústico; melhora da qualidade do ar, tanto pela oxigenação do mesmo, quanto pela fixação do carbono e outros componentes nas plantas; redução das ilhas de calor, absorvendo parte dos raios solares e causando sombras; manutenção da qualidade do solo, o mantendo permeável e fértil; e, manutenção também da fauna que necessita dos seus suprimentos. Estes fatores confirmam que a qualidade de vida humana está diretamente ligada ao meio ambiente (NUCCI, 2008).

Considerando que são diversas as condições que causam impactos negativos e prejuízos na qualidade de vida em um ambiente e inserindo na realidade de um âmbito acadêmico, torna-se necessário voltar a atenção para a questão da arborização desses espaços, no presente caso, a arborização do IFPB – *Campus* João Pessoa, visto que, como núcleo gerador de conhecimento, deve fornecer um ambiente que preze pelo bem-estar da comunidade acadêmica. Apesar de se encontrar inserido em um centro urbano, o IFPB se mostra potencialmente favorável para dispor de uma positiva qualidade ambiental, em virtude de seu relevante espaço geográfico. De modo que, analisar a utilização do espaço e preservação do seu meio arbóreo é medida importante para fins de desenvolver futuros meios de preservação e melhoria das condições já existentes.

Tendo em vista que a presença da vegetação da área a ser estudada pode ter interferências diretas e indiretas nos processos de aprendizado dos discentes, no ambiente de trabalho dos docentes, servidores e funcionários, nas relações interpessoais entre todos e nas relações socioambientais causadas pelas sensações de bem-estar e equilíbrio, bem como outras funções exercidas por tal, faz necessário um estudo que quantifique e qualifique a qualidade ambiental do *Campus*.

O presente trabalho tem como objetivo analisar qualitativamente e quantitativamente a arborização do IFPB – *Campus* João Pessoa.

## **Referencial Teórico**

### *Área verde urbana*

O termo “área verde urbana” vem sendo há séculos estudado. A princípio essas áreas eram representadas pelos jardins, e tinham como função o prazer visual e olfativo, porém com a evolução, o conceito também foi mudando. De acordo com a história, a arte da jardinocultura surgiu no Egito e na China. Os jardins do antigo Egito, o berço da jardinagem ocidental, reproduziram o sistema de irrigação, muito utilizado na agricultura, com a função de amenizar o grande calor das residências. Já os jardins da China, surgiram com a ideia de jardins naturalistas, de cunho religioso, espiritual e cultural. Os jardins consideravam os elementos naturais como parte do meio, onde cada elemento compunha um significado simbólico próprio. Com o passar do tempo, os jardins foram assumindo

outras funções mais utilitárias, sobretudo nas cidades superpopulosas, surgindo assim os jardins botânicos, que traziam como forte característica o cultivo de plantas medicinais, além de outras variedades de espécies de diversas regiões, que passaram a ser colecionadas e expostas nos jardins botânicos (LOBODA & DE ANGELIS, 2005).

Loboda e de Angelis (2005), também trazem para os dias atuais a evidência de que se torna cada vez mais importante um planejamento das áreas verdes nos espaços urbanos. Isto devido à grande expansão citadina em todo o mundo. Importância esta que não se dá em muito dos casos, pois se tem uma visão mais econômica e financeira sobre os espaços urbanos. Tais visões impedem que se dê a necessária importância à vegetação e a qualidade, sendo as questões ambientais jogadas no esquecimento.

Guzzo et al. (2006), caracterizam área verde pública como uma categoria presente nos espaços livres, diferenciada pela forma de abordagem vegetacional, sendo sua característica principal a presença da própria vegetação de forma natural ou implantada associada à destinação dos espaços à função de lazer. Diferentemente, os espaços livres urbanos se caracterizam só pela falta de edificações e espaços abertos para o céu. Dentre outros tipos de espaços estão as praças públicas, os parques urbanos e os cemitérios.

#### Funções da área verde

Bargos e Matias (2011) destacam a importância do uso acertado do termo “área verde”, pois a interpretação equivocada do termo, causará a utilização incorreta da área, e exhibe as principais características que definem a área verde, que são: área composta por vegetação arbórea ou arbustiva, que apresente ausência de edificações ou coberturas impermeabilizantes e que cumpram as seguintes funções:

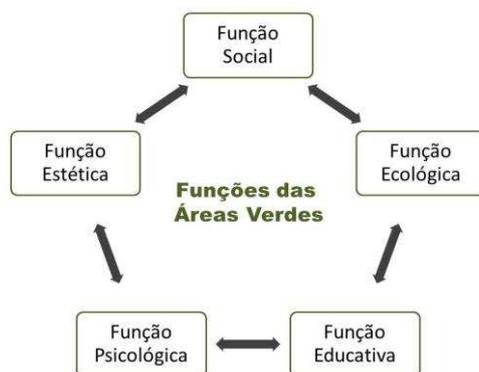


Figura 9. Funções das áreas verdes. Fonte: Adaptado de Vieira (2004).

As funções estão representadas em círculo pois estão interligadas, e devem se relacionar com o ambiente urbano, de modo que a população sinta os efeitos positivos das mesmas. Estes benefícios são listados por Bargos e Matias (2011) *apud* Vieira (2004):

- *Função Social:* o lazer que a área pode propiciar à população. São exemplos, as praças, parques urbanos, parque balneário e esportivo, entre outros locais de convívio social. Deste modo, a área atua como um significativo indicador de qualidade de vida.
- *Função Ecológica:* melhora na qualidade do ar, impermeabilização do solo, amenização do clima, refúgio da fauna local, sombreamento, etc.;
- *Função Educativa:* pode ser utilizada para aula e estudos, educação ambiental, desenvolvimentos de atividades educativas;
- *Função Estética:* propicia a paisagem natural e aumenta sua diversidade, e, conseqüentemente, o embelezamento da cidade.
- *Função Psicológica:* serve fuga para os estresses diários da população nas cidades, alívio das tensões e o estresse causado pelo ambiente urbano.

Tais funções exercem papel indispensável na qualidade de vida da população das cidades. Isto pois as áreas verdes, associadas às suas funções, trazem de volta o ambiente natural que foi desgastado pelo crescimento das cidades e tudo aquilo de negativo que isto traz.

### *Arborização Urbana*

As árvores têm grande contribuição para a melhoria do ambiente urbano devido a sua diversidade biológica. Assim como os animais e a própria vegetação, os seres humanos precisam de um ambiente favorável para manter uma qualidade de vida desejável, e no ambiente urbano há um déficit de características necessárias, como recursos naturais, estabilidade microclimática, presença de poluição atmosférica, hídrica, sonora e visual. Então a arborização urbana se torna uma saída para que a população não sofra com os efeitos negativos dos processos da urbanização (MILANO, 1984).

Para Milano (1984), a Arborização Urbana é o conjunto de áreas livres urbanas com vegetação arbórea natural, incluindo as vias públicas, parques, canteiros, ou até mesmo áreas privadas. Já para Lima et al. (1994) *apud* Bargas e Matias (2011), a arborização urbana nada mais é do que os elementos vegetais (árvores, arbustos, etc.) introduzidos no ambiente urbano. Arborizar nada mais é do que o ato de plantar, seja em reflorestamento ou em terras livres.

No princípio da história do país, a vegetação era utilizada apenas para exploração de materiais e servir aos colonizadores como utensílio de exploração. Ao passar do tempo, as cidades foram se estabelecendo e foi se sentindo a supressão dos indivíduos arbóreos. O princípio da arborização no Brasil se deu por meio dos jardins, inicialmente sendo esquecido, mas sendo iniciada pela chegada dos holandeses, por Maurício de Nassau, que tentou reproduzir na região de Recife o modelo das grandes cidades europeias, na tentativa de embelezar a cidade com o uso da vegetação urbana, sendo Recife o primeiro núcleo urbano a dispor da arborização urbana em vias. Depois, com a chegada da família real portuguesa e a chegada dos seus primeiros “botânicos” europeus, influenciados pelos modelos ingleses, que foram herdados pelos franceses e conseqüentemente pelos artistas

brasileiros, já se tornava uma tendência no país os grandes jardins, influenciados pelos estilos europeus já pelo final do século XIX (TERRA, 1993).

O êxodo rural e a industrialização das cidades, fizeram com que hoje a maior parte (84,72%) da população viva em áreas urbanas (IBGE, 2015), trazendo consigo muito dos problemas. Assim, substituindo o ambiente natural por elementos de infraestrutura como asfalto, calçadas, residências, perdendo os elementos vegetais. Com isso, foram acontecendo problemas como os alagamentos, causados pela falta de permeabilização do solo, onde a água da chuva não consegue penetrar; o aumento das temperaturas locais, formando as ilhas de calor, causado pelo reflexo dos raios solares nas edificações, somado com a falta de vegetação; a poluição do ar, causado pelo CO<sup>2</sup> emitido pelas indústrias e automóveis; entre outros problemas.

Dentro da arborização urbana, existem alguns obstáculos a serem enfrentados. O principal, é que, como dito anteriormente, na maioria dos casos, a vegetação está localizada em calçadas e canteiros centrais de vias, disputando espaços com os pedestres, fiação elétrica, tubulações de gás, de água e esgoto. Este tipo de arborização é o mais significativo na maioria das cidades, porém ele não se enquadra em áreas verdes urbanas. Outra problemática enfrentada, é a escolha equivocada de espécies arbóreas para utilização em específico local, o que pode causar sérios problemas, como: queda de galhos grandes em vias públicas, quebra de calçada, necessidade de poda constante, devido a problemas com fiação elétrica, entre outros. Tais problemas podem ser evitados na escolha de um manejo correto, fazendo o plantio de espécies de porte compatível com o local. (SCHUCH, 2006).

Diante de todas estas problemáticas, a arborização tem um papel fundamental na tentativa de mitigação desses efeitos negativos. Ela está inserida na estruturação das cidades, influenciando na qualidade ambiental e de vida local, seja em parques, vias, espaços livres como um todo. É de responsabilidade ambiental do município, decorrente da Constituição da República Federativa do Brasil dispor sobre a preservação e recuperação do meio ambiente.

### *Arborização em João Pessoa*

O município de João Pessoa fica inserido no bioma Mata Atlântica e tem como formação florestal predominante a Mata de Tabuleiro. Esta se caracteriza por ser composta de Floresta Estacional Semidecidual em conexão com a Vegetação de Restinga, dispondo de vários fragmentos de matas densas fechadas, mangues, restingas, matas ciliares e arborização urbana (PMJP, 2012 *apud* BARBOSA, 2008). O maior fragmento urbano de mata é a Mata do Buraquinho, representando 14,97% da área verde total da cidade.

O verde urbano existente no município de João Pessoa-PB está localizado nas Unidades de Conservação (UC), parques urbanos, praças, canteiros centrais das avenidas, áreas de preservação permanentes das bacias hidrográficas, falésias vivas e mortas, e áreas definidas no macrozoneamento urbano durante o planejamento urbano como Zonas Especiais de Preservação (ZEP), tratando-se de áreas que apresentam restrições legais em seu uso (ARAÚJO & MOREIRA, 2020).

Foi elaborado o Plano de Arborização Urbana no ano de 2012, pela Prefeitura Municipal, e como base para o plano, foi levado em consideração a importância da arborização para a sociedade, importância essa, já citada anteriormente. Alguns dos objetivos dos planos foram: melhorar a distribuição das árvores nas diversas regiões da cidade; promover a arborização como instrumento de desenvolvimento urbano, qualidade de vida e equilíbrio ambiental; aumentar e melhorar a cobertura vegetal e a qualidade dos mesmos. As áreas escolhidas foram vários setores de competência da prefeitura como áreas escolares e de unidades de saúde, praças que tenha déficit de vegetação, zonas residências e zonas comerciais (vias públicas, calçadas, canteiros, etc.), além de áreas degradadas (corredores ecológicos, APPs e áreas verdes) (PMJP, 2012). De acordo com o plano, foi objetivado a plantação de 2.850 mudas, sendo 10 delas por rua selecionada; estão registradas 133 escolas e CREISs e 127 postos de saúde e em cada foi estimado 5 mudas por localidade, totalizando 1300. Há, também o viveiro municipal que oferecem mudas de espécies nativas de forma gratuita para a população, as mesmas utilizadas na arborização da cidade. De acordo com a prefeitura, até 2019 foram plantadas 200 mil mudas na cidade.

Os reflexos positivos da utilização de indivíduos de origem nativa na arborização do município são evidenciados em estudos atuais. Araújo e Moreira (2020), evidencia que em João Pessoa é encontrado uma diversidade de espécies relevantes. Deste modo, o verde urbano da cidade contribui para a preservação da flora nativa da Mata Atlântica e de espécies vegetais ameaçadas de extinção. Isto pois no estudo foram identificados indivíduos com estas características em áreas de mata fechada, unidades de conservação, praças, parques e na arborização urbana da cidade. Porém há ainda um isolamento de algumas espécies da flora e fauna situadas apenas em locais fechados, testemunhando a necessidade de criar mais zonas de áreas protegidas que possam servir de conexão entre elas.

### *Cobertura Vegetal*

Nucci e Carvalheiro (1999), definem a cobertura vegetal com uma projeção do verde das árvores em cartas planimétricas e podem estar presentes em espaços livres, espaços construídos, de integração, nas unidades de conservação e até mesmo na zona rural.

Ela, diferentemente de outros recursos naturais, é vista apenas como um elemento de função estética, psicológica ou cultural, porém o homem necessita dela, não só para questões psíquicas ou visuais, mas para questões físicas. A CV um é importante indicador de qualidade ambiental. Uma análise qualitativa e quantitativa da situação pode ter peso representativo na avaliação de qualidade do ambiente estudado, pois ela tem a capacidade de facilmente amenizar ou resolver os problemas ambientais e sociais relacionados aos efeitos da urbanização e o meio ambiente (NUCCI, 2008).

## Material e Métodos

### Caracterização do local de estudo

O estudo foi desenvolvido no IFPB – *Campus* João Pessoa ( $7^{\circ}08'08.34''$  S e  $34^{\circ}52'26.06''$  O), localizado em área residencial no Bairro Jaguaribe. A área do *Campus* João Pessoa é de  $50.395,14$  m<sup>2</sup>. A população acadêmica está estimada em 7835 pessoas, incluindo discentes, docentes, técnicos e terceirizados.

O clima de João Pessoa é do tipo tropical quente e úmido, com temperatura média de  $26,5^{\circ}\text{C}$  e índice pluviométrico de aproximadamente 1.750 mm anuais. A vegetação predominante no município é a Mata Atlântica.



Figura 10. Área do Campus – IFPB. Fonte: adaptado de Google Earth (2023).

### Avaliação Quantitativa e Qualitativa das Espécies Arbóreas

O levantamento das espécies foi realizado no período de setembro a outubro do ano de 2020, avaliando os indivíduos arbóreos presentes no local de estudo. Para o registro e coleta de dados de trabalho de campo foram utilizadas planilhas, trena, fita métrica e câmera digital.

A identificação das espécies foi realizada no momento da coleta de dados. Em caso de dúvidas, foram fotografadas partes das plantas como folhas, ramos, caule, frutos e flores, para uma análise mais detalhada. Sendo a nomenclatura da espécie atualizada seguindo Angiosperm Phylogeny Group (APG III).

### Medição das Variáveis Dendrométricas

Para a avaliação quantitativa e qualitativa dos indivíduos arbóreos, inicialmente foi realizada a contagem e identificação dos indivíduos presentes no IFPB – *Campus* João Pessoa.

O diâmetro de copa (DC) foi determinado com uma trena, através de duas medições, sendo uma no sentido norte-sul e outra no sentido Leste-Oeste, conforme metodologia utilizada por Harder et al. (2006) e que, segundo os autores, essa forma de medição é para verificar a uniformidade da copa quanto ao seu desenvolvimento e levantar o índice de cobertura arbórea.

Tabela 4. Modelo de planilha utilizada para catalogar os indivíduos arbóreos do IFPB – Campus João Pessoa

| Nº Árvore | Espécie | Família | Origem | Diâmetro da copa |
|-----------|---------|---------|--------|------------------|
| 1         |         |         |        |                  |

Fonte: Adaptado de Harder et al. (2006).

#### *Avaliação dos Aspectos Físicos e Sanitários dos Indivíduos Arbóreos*

Quanto aos aspectos físicos e sanitários, os indivíduos presentes no IFPB – *Campus* João Pessoa foram classificados, segundo adaptação de Silva (2012), em estado bom (indivíduo vigoroso e sadio, sem sinais de ataque de “pragas”, doenças ou injúrias mecânicas), satisfatório (indivíduo com algum sinal de deficiência superficial, ataque de “pragas”, doenças, ou injúria mecânica superficial), ruim (indivíduo em estado avançado de declínio, com ataque ou dano intenso de “pragas” ou doenças, resultando em risco de queda) e morto.

#### *Índice de cobertura vegetal (ICV)*

Para avaliação do índice de cobertura vegetal (ICV) foi necessário fazer a medida do diâmetro de copa (DC). Para calcular a área da copa (Equação 1), primeiramente foi feita a média das duas medidas do diâmetro da copa, após isso, foi utilizada a Equação 1.

$$\text{Área da copa (m}^2\text{)} = \frac{\pi \cdot \text{DC}^2}{4} \quad (\text{Eq. 1})$$

Após isso, foi calculado o índice de cobertura vegetal (ICV) por habitante (Equação 2), baseado no somatório das áreas das copas e no censo demográfico do IFPB – *Campus* João Pessoa, utilizando a seguinte equação matemática (HARDER et al., 2006).

$$\text{ICV} = \frac{\Sigma \text{Área das copas}}{\text{N}^\circ \text{ de habitantes da área urbana}} \quad (\text{Eq. 2})$$

#### *Percentual de Cobertura Vegetal (PCV)*

Em cada área verde avaliada foi calculado o percentual de cobertura vegetal (PCV) em função da superfície total da área (Equação 3). Para isso foi medido com GPS a área total (m<sup>2</sup>) e a área explorada pela copa das árvores (m<sup>2</sup>) (Equação 1), conforme equação proposta por Abreu et al. (2012).

$$\text{PCV} = \frac{\Sigma \text{Área das copas}}{\text{Área total avaliada}} * 100 \quad (\text{Eq. 3})$$

Índice de Qualidade Ambiental

Baseado no índice e percentual de cobertura vegetal proporcionada pelas árvores, o IFPB – Campus João Pessoa, foi classificado quanto a sua qualidade ambiental de acordo com o Quadro 1.

Quadro 2. Classes de qualidade ambiental de acordo com parâmetros de índice e percentual de cobertura vegetal

| Qualidade Ambiental |          |              |
|---------------------|----------|--------------|
| Baixa               | Média    | Alta         |
| Até 5%              | 10 - 25% | Acima de 30% |

Fonte: Borges et al. (2010).

**Resultados e Discussão**

O levantamento realizado no Campus João Pessoa, do IFPB mostrou que existe uma quantidade considerável de espécimes arbóreos-arbustivos, distribuídas sobre toda a área não construída. Foram coletados os dados de um total de 197 indivíduos. Dentre eles, 176 indivíduos foram distribuídos em 55 espécies e 21 indivíduos não foram identificados, conforme **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Esses mesmos, foram selecionados com base em uma altura mínima de 1,5 metros e indivíduos com potencial crescimento futuro. Estes números se mostram expressivos, comparados a Campus IV da UFPB, em Rio Tinto, onde foi amostrado apenas 45 indivíduos distribuídos em 14 espécies (GOMES & REIS, 2017). Já na Universidade Federal de Viçosa, em uma amostragem feita por Martini e Canguçu (2020) foram identificados 389 indivíduos distribuídos em 19 espécies, quantidade bem superior à amostragem deste trabalho.

Observou-se que a espécie com o maior número de indivíduos encontrados no Campus foi a *Terminalia catappa* (Castanhola), espécie exótica, com 23 indivíduos. A média diamétrica da copa das árvores desta espécie apresentou 12,66 metros, já a área ocupada pelas copas dessas árvores apresentou uma média de 132,37 metros. Em contrapartida, 29 espécies apresentaram apenas um indivíduo cada, sendo sete indivíduos de espécies nativas e 22 indivíduos de espécies exóticas.

Tabela 5. Lista dos indivíduos arbóreos-arbustivos do Campus IFPB João Pessoa

| Nome popular | Espécie                     | Família       | Origem  | Nº de indivíduos | Diâmetro médio da copa (m) | Área média da copa (m <sup>2</sup> ) |
|--------------|-----------------------------|---------------|---------|------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| Abacateiro   | <i>Persea americana</i>     | Lauraceae     | Exótica | 1                | 5.10                       | 20.42                                |
| Acerola      | <i>Malpighia emarginata</i> | Malpighiaceae | Exótica | 1                | 2.35                       | 4.34                                 |
| Amoreira     | <i>Morus nigra</i>          | Moraceae      | Exótica | 1                | 7.47                       | 43.80                                |
| Araucária    | <i>Araucaria sp.</i>        | Araucariaceae | Exótica | 1                | 2.71                       | 5.77                                 |
| Areca-bambu  | <i>Dypsis lutescens</i>     | Arecaceae     | Exótica | 1                | 4.00                       | 12.56                                |

|                            |                                  |                |              |    |       |        |
|----------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|----|-------|--------|
| Aroeira-do-sertão          | <i>Astronium urundeuva</i>       | Anacardiaceae  | Nativa       | 1  | 10.36 | 84.25  |
| Aroeira-vermelha           | <i>Schinus terebinthifolia</i>   | Fabaceae       | Nativa       | 2  | 5.68  | 27.96  |
| Árvore-da-felicidade-fêmea | <i>Polyscias fruticosa</i>       | Araliaceae     | Exótica      | 1  | 1,2   | 1,13   |
| Árvore-da-felicidade-macho | <i>Polyscias guilfoylei</i>      | Araliaceae     | Exótica      | 1  | 1,54  | 1,86   |
| Árvore-do-viajante         | <i>Ravenala madagascariensis</i> | Strelitziaceae | Exótica      | 2  | 4.15  | 13.71  |
| Cajueiro                   | <i>Anacardium occidentale</i>    | Anacardiaceae  | Nativa       | 2  | 8.02  | 51.00  |
| Canção-da-índia            | <i>Dracaena reflexa</i>          | Asparagaceae   | Exótica      | 1  | 1.45  | 1.65   |
| Carolina                   | <i>Adenanthera pavonina</i>      | Fabaceae       | Exótica      | 2  | 15.58 | 192.90 |
| Cássia-imperial            | <i>Cassia fistula</i>            | Fabaceae       | Exótica      | 1  | 8.71  | 59.55  |
| Castanhola                 | <i>Terminalia catappa</i>        | Combretaceae   | Exótica      | 23 | 12.66 | 132.37 |
| Chichá-fedorento           | <i>Sterculia foetida</i>         | Malvaceae      | Exótica      | 1  | 11.28 | 99.88  |
| Cipreste                   | Indeterminada                    | Crupressaceae  | Exótica      | 4  | 1.71  | 2.62   |
| Colônia                    | <i>Alpinia zerumbet</i>          | Zingiberaceae  | Exótica      | 1  | 4.67  | 17.12  |
| Coqueiro                   | <i>Cocos nucifera</i>            | Arecaceae      | Exótica      | 8  | 7.16  | 41.37  |
| Croton                     | <i>Codiaeum variegatum</i>       | Euphorbiaceae  | Exótica      | 11 | 1.50  | 1.95   |
| Desconhecido               | Desconhecido                     | Desconhecido   | Desconhecido | 21 | 6.07  | 37.82  |
| Dracena-vermelha           | <i>Cordyline fruticosa</i>       | Asparagaceae   | Exótica      | 1  | 0.90  | 0.64   |
| Embaúba                    | <i>Cecropia palmata</i>          | Urticaceae     | Nativa       | 1  | 1.75  | 2.40   |
| Figueira-asiática          | <i>Ficus microcarpa</i>          | Moraceae       | Exótica      | 1  | 4.21  | 13.91  |
| Figueira-benjamim          | <i>Ficus benjamina</i>           | Moraceae       | Exótica      | 7  | 7.33  | 51.07  |
| Flor-de-pavão              | <i>Caesalpinia pulcherrima</i>   | Fabaceae       | Exótica      | 3  | 1.77  | 2.46   |
| Gamelina                   | <i>Gmelina arborea</i>           | Lamiaceae      | Exótica      | 2  | 8.81  | 73.43  |
| Goiabeira                  | <i>Psidium guajava</i>           | Myrtaceae      | Exótica      | 3  | 5.70  | 25.66  |
| Hibisco                    | <i>Hibiscus × archeri</i>        | Malvaceae      | Exótica      | 3  | 2.79  | 6.76   |
| Ipê-de-jardim              | <i>Tecoma stans</i>              | Bignoniaceae   | Exótica      | 2  | 3.64  | 10.48  |
| Ixora                      | <i>Ixora coccinea</i>            | Rubiaceae      | Exótica      | 1  | 1.52  | 1.81   |
| Jasmim-do-caribe           | <i>Plumeria pudica</i>           | Apocynaceae    | Exótica      | 16 | 2.21  | 4.69   |
| Jatobá                     | <i>Hymenaea courbaril</i>        | Fabaceae       | Nativa       | 1  | 12.65 | 125.62 |
| Léia                       | <i>Leea sp.</i>                  | Vitaceae       | Exótica      | 2  | 2.59  | 5.28   |

|                              |                                   |               |         |    |       |        |
|------------------------------|-----------------------------------|---------------|---------|----|-------|--------|
| Limoeiro                     | <i>Citrus aurantiifolia</i>       | Rutaceae      | Exótica | 1  | 4.87  | 18.62  |
| Mangueira                    | <i>Mangifera indica</i>           | Anacardiaceae | Exótica | 7  | 9.58  | 90.65  |
| Mogno-brasileiro             | <i>Swietenia macrophylla</i>      | Meliaceae     | Nativa  | 1  | 3.76  | 11.10  |
| Murta-de-cheiro              | <i>Murraya paniculata</i>         | Rutaceae      | Exótica | 2  | 2.57  | 5.31   |
| Moringa                      | <i>Moringa oleifera</i>           | Moringaceae   | Exótica | 8  | 5.46  | 25.66  |
| Nim                          | <i>Azadirachta indica</i>         | Meliaceae     | Exótica | 5  | 8.69  | 62.12  |
| Noni                         | <i>Morinda sp.</i>                | Rubiaceae     | Exótica | 1  | 5.00  | 19.63  |
| Palmeira                     | Indeterminada                     | Arecaceae     | Exótica | 1  | 6.50  | 33.17  |
| Palmeira-de-manila           | <i>Adonidia merrillii</i>         | Arecaceae     | Exótica | 1  | 2.94  | 6.79   |
| Palmeira-imperial-verdadeira | <i>Roystonea oleracea</i>         | Arecaceae     | Exótica | 4  | 6.00  | 29.67  |
| Palmeira-leque-de-Fiji       | <i>Pritchardia pacifica</i>       | Arecaceae     | Exótica | 7  | 4.04  | 13.05  |
| Palmeira-rabo-de-peixe       | <i>Caryota mitis</i>              | Arecaceae     | Exótica | 1  | 3.71  | 10.80  |
| Palmeira-real-cubana         | <i>Roystonea regia</i>            | Arecaceae     | Exótica | 4  | 5.94  | 29.44  |
| Pau-brasil                   | <i>Paubrasilia echinata</i>       | Fabaceae      | Nativa  | 12 | 3.18  | 4.96   |
| Pau-d'arco-amarelo           | <i>Handroanthus serratifolius</i> | Bignoniaceae  | Nativa  | 4  | 5.67  | 4.28   |
| Pau-d'arco-do-morro          | <i>Handroanthus chrysotrichus</i> | Bignoniaceae  | Nativa  | 1  | 1.85  | 2.69   |
| Peroba                       | <i>Tabebuia roseoalba</i>         | Bignoniaceae  | Nativa  | 1  | 3.19  | 7.99   |
| Pinha                        | <i>Annona squamosa</i>            | Annonaceae    | Exótica | 1  | 1.88  | 2.77   |
| Pitangueira                  | <i>Eugenia uniflora</i>           | Myrtaceae     | Nativa  | 1  | 2.45  | 4.71   |
| Pleomele                     | <i>Dracaena reflexa</i>           | Asparagaceae  | Exótica | 2  | 1.38  | 1.50   |
| Sanquesia                    | <i>Sanchezia speciosa</i>         | Acanthaceae   | Exótica | 1  | 2.64  | 5.47   |
| Sombreiro                    | <i>Clitoria fairchildiana</i>     | Fabaceae      | Exótica | 1  | 14.57 | 166.64 |

Quanto a sua origem, é possível observar que a grande maioria dos indivíduos amostrados, 75%, são de origem exótica, ou seja, oriunda de outros países, 14% dos indivíduos são de origem nativa e 11 % são indivíduos de origem desconhecida (Figura 11). Essa porcentagem superior das espécies exóticas também é encontrada por Diógenes et al. (2018) no Campus Sede da Universidade Federal Rural do Semi-árido, em Mossoró, RN, onde foi constatado 62,24% deste tipo de espécie. Assim também com foi encontrado por Belincanta e Riso (2016) no Campus da Universidade

Tecnológica Federal do Paraná, em Francisco Beltrão o resultado de 61,5% de espécies exóticas. O campus A. C. Simões da Universidade Federal de Alagoas também apresenta uma superioridade de espécies exóticas, 61%, no estudo feito por Morales et al. (2019). Estes dados mostram que há uma tendência na utilização de espécies que não se enquadram no bioma do local, devido a fatores estéticos, facilidade no plantio, ou até mesmo pela característica invasora da espécie exótica plantada.

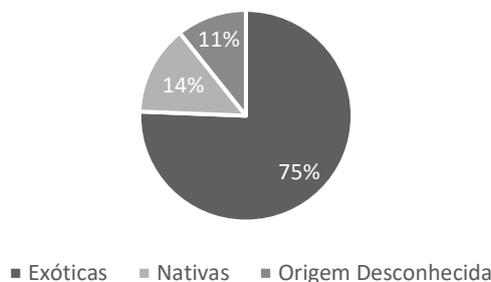


Figura 11. Distribuição dos indivíduos quanto a sua origem.

Como já citado anteriormente, a espécie com maior número de indivíduos é a *Terminalia catappa* (

), conhecida popularmente como Castanhola, com um total de 23. Esta mesma, bastante utilizada na arborização das cidades por seu grande porte, principalmente no município de João pessoa é possível notá-la na arborização das vias, praças e calçadas. Segundo Sanches et al. (2007), a castanhola é uma espécie invasora que tem características adaptadas as condições edafoclimáticas da região, como sementes de fácil germinação e longo período de dormência, apresenta resistência a tipos diferentes condições, como calor, frio, umidade alta e baixa, ventos fortes e salinidade. Por tais características, essa espécie se sobressai sobre as algumas nativas. Além desses fatores, a grande área das copas, fazem com que a população as utilize para sombreamento, aumentando a quantidade de árvores plantadas.

A espécie *Plumeria pudica*, conhecida como Jasmim-do-Caribe, é a segunda espécie com mais indivíduos, com um total de 16. Também de origem exótica. A espécie nativa que contém o maior número de espécimes amostrados no *Campus* é o *Paubrasilia echinata* (

Figura 13), o Pau-Brasil, totalizando 12 deles.



Figura 12. *Terminalia catappa* (Castanhola)



Figura 13. *Paubrasilia echinata* (Pau-brasil)

Estes dados demonstram a falta de planejamento voltado para a implantação de espécies nativas no *Campus*. Segundo Ziller et al. (2007) os danos causados pela utilização de plantas exóticas passam despercebidos em muitos casos, causando prejuízo na biodiversidade presente na área urbana, perdendo também o papel de corredor ecológico entre áreas de preservação e outras áreas verdes presentes na área urbana. Por essas e outras questões, as espécies exóticas invasoras são consideradas a segunda maior ameaça à biodiversidade e, em primeiro, somente a ação antrópica exercida no meio natural.

#### *Aspectos Físicos e Sanitários*

Quanto aos aspectos físicos e sanitários, a amostragem realizada mostrou que grande parte dos indivíduos estão em boas condições, ou seja, são indivíduos vigorosos e saudáveis, sem sinais de ataque de “pragas”, doenças ou injúrias mecânicas. Porém, em outra pequena parcela dos indivíduos, foram observados lesões nas cascas das árvores, como: pregos, cordas amarradas (

), pedaços de plásticos nos troncos, resíduos de materiais de construção, instalações de iluminação (Figura 15) e em algumas, o calçamento sufocando a árvore. Estes, alternando entre condição satisfatória e ruim. Um espécime foi identificado como morto. Segundo Morales et al. (2019), estas lesões fazem com que o indivíduo se debilite, tornando o mesmo mais susceptíveis à ação de pragas e cupim. Uma média proposta pelo autor é a inserção da Educação Ambiental no Plano de Arborização do campus, para que se tenha uma aproximação e interação da comunidade acadêmica das ações de implantação e, sobretudo, manutenção dos indivíduos arbóreos.



Figura 14. Cordas envolvidas pelo tronco.



Figura 15. Refletor fixado em palmeira.

### Cobertura Vegetal

As áreas das copas das 197 árvores amostradas somadas contabilizam 8.233 m<sup>2</sup>, com uma média de aproximadamente 42 m<sup>2</sup> por indivíduo. Dentre eles, as espécies que têm as maiores áreas de copa são a *Terminalia catappa* (Castanhola), a *Adenanthera pavonina* (Carolina) e a *Mangifera indica* (Mangueira). Esta primeira, tem papel fundamental na cobertura vegetal do *Campus*, mesmo sendo de origem exótica. Além de ser a espécie com as maiores áreas de copa, ela também tem a maior quantidade de indivíduos, isto faz com que as Castanholas detenham 3.044,55 m<sup>2</sup> de área de copas, ou seja, aproximadamente 37% da área total das copas é ocupada por essa única espécie.

### Índice de Cobertura Vegetal

Foi feito a razão da cobertura vegetal (8.233m<sup>2</sup>) pelo número total de habitantes do campus (7835 habitantes), sendo eles alunos, servidores e terceirizados que frequentam o mesmo diariamente. O resultado obtido foi de 1,05 m<sup>2</sup>/habitante, índice bastante aquém do que foi consolidado pela ONU, OMS e FAO no Brasil que propõem que cada habitante disponha de 12 m<sup>2</sup> de cobertura vegetal de acordo com Guzzo (1997) *apud* Borges et al. (2010). A SBAU, Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, destaca que para áreas verdes públicas, com objetivo de recreação, este índice deve ainda ser maior: 15 m<sup>2</sup> por habitante.

| Cobertura Vegetal    | População Total | ICV                       |
|----------------------|-----------------|---------------------------|
| 8.233 m <sup>2</sup> | 7835 hab        | 1,05 m <sup>2</sup> / hab |

### Percentual de Cobertura Vegetal

O percentual de cobertura vegetal foi calculado com base nos dados que foram obtidos em campo. O somatório das áreas das copas resultou em 8.233 m<sup>2</sup>, enquanto a área total do campus foi avaliada em 50.395,14 m<sup>2</sup>. Com isso o percentual de cobertura vegetal chegou ao resultado de 16,33%.

$$PCV = \frac{8233 \text{ m}^2}{50395,14 \text{ m}^2} * 100 = 16,33\%$$

Este número se encontra abaixo do indicado como de alta qualidade ambiental. Resultado este inferior à média do município de João Pessoa, onde a cobertura vegetal é de 30,67%, segundo dados da SEMAM (2012), assim considerada como alta a qualidade ambiental do município. Borges et al. (2010) ressalta que o baixo percentual de cobertura vegetal pode ter impacto significativo na temperatura de uma área, principalmente onde há maior incidência de raios solares, como é o caso em estudo.

### *Qualidade Ambiental*

O índice de cobertura vegetal calculado, mostra que para cada habitante do Instituto, existe 1,05 m<sup>2</sup> de cobertura vegetal. De acordo com o quadro de classes de qualidade ambiental com parâmetro na cobertura vegetal, a mesma é classificada como média, tendo em vista que o percentual de cobertura vegetal calculado foi de 16,33%. Segundo a ONU (Organização das Nações Unidas) o percentual de cobertura vegetal recomendado para áreas urbanas é de 30%. Já o percentual de cobertura abaixo de 5% é caracterizado como deserto florístico (NUCCI, 2008).

### **Conclusão**

Diante da identificação das espécies é possível concluir que o Campus do IFPB possui uma grande quantidade de indivíduos arbóreos porém os mesmos distribuídos de forma irregular, ou seja, muitas espécies são representadas por apenas 1 indivíduo e outras poucas espécies, apresentam muitos indivíduos. Além disto, observa-se que a maioria dos indivíduos são de espécies exóticas, o que mostra que não houve uma preocupação no plantio de indivíduos de origem nativa no campus, não havendo planejamento na arborização do mesmo. Quando comparado a outros campi, a incidência de espécies exóticas encontradas, se mostra ainda maior.

A qualidade dos aspectos físicos e sanitários dos espécimes estudados foram bem avaliados de modo geral, porém havendo situações de injúrias físicas nos caules. O índice de cobertura vegetal, ICV, e o percentual cobertura vegetal, PCV, do campus João Pessoa do IFPB são insuficientes, de acordo com os parâmetros apresentados. Assim, com base na cobertura vegetal, é concluído que a qualidade ambiental do instituto é classificada como média, verificando a necessidade da inclusão de mais componentes arbóreos.

O Instituto poderá utilizar dos dados desta pesquisa para que seja planejado uma ação que introduza novos espécimes. É importante que sejam utilizadas espécies de origem nativa do bioma da região (Mata Atlântica), mantendo a heterogeneidade característica do bioma. Assim, poderá se utilizar dos exemplares de mata atlântica como instrumentos de educação e conscientização ambiental, promovendo a interação da população acadêmica com o meio natural.

## **Referências Bibliográficas**

- ABREU, E. L.; MOURA, H. F. N.; LOPES, D. S.; BRITO, J. S. Análise dos índices de cobertura vegetal arbórea e sub-arbórea das praças do centro de Teresina-PI. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 3, 2012, Goiânia. Anais...Goiânia: Ibeas – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2012.
- ALENCAR, L. S. Inventário quali-quantitativo da arborização urbana em São João do Rio do Peixe-PB. 41f. Monografia (Graduação). Universidade Federal de Campina Grande. Patos, 2012.
- ALMEIDA, A. C. S. Planejamento, implementação, monitoramento e manutenção de Arborização Urbana. 3 ed. Clube de Autores. 2018.
- ARANTES, B. L. Arborização urbana e qualidade do ar na cidade de São Paulo. Dissertação (Mestrado). Escol Superior de Agricultura Luiz Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2017.
- ARAÚJO, Y. R. V.; MOREIRA, Z. C. G. Verde urbano na conservação da biodiversidade em João Pessoa, Paraíba. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.15, n.1, p.73- 82, 2020.
- BARGOS, D. C.; MATIAS, L. F. Áreas Verdes Urbanas: Um Estudo de Revisão e Proposta Conceitual. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, v.6, n.3, p.172-188, 2011.
- BORGES, C. A. R. F.; MARIM, G. C.; RODRIGUES, J. E. C. Análise da cobertura vegetal como indicador de qualidade ambiental em áreas urbanas: Um estudo de caso do bairro da Pedreira – Belém/PA. In: Seminário Latino Americano de Geografia Física, 6, 2010, Coimbra. Anais...Coimbra: Universidade de Coimbra, 2010.
- DIÓGENES F. E. G.; SOUSA, T. M.; BOTREL, R. T.; CASTRO, V. G. Análise da Arborização do Campus Sede da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN. REVSBAU, v.13, n.3, p.13-23, 2018.
- GOMES, S. E. M.; REIS, S. N. S. dos. Arborização do Campus IV da Universidade Federal da Paraíba, Rio Tinto, Paraíba, Brasil. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, p.99-108, 2017.
- GUIMARÃES, S. T. L. Nas trilhas da qualidade: algumas idéias, visões e conceitos sobre qualidade ambiental e de vida. Geosul, v.20, n.40, p.7-26, 2005.
- GUZZO, P.; CARNEIRO R. M. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, H. Cadastro Municipal de Espaços Livres Urbanos de Ribeirão Preto (SP): Acesso Público, Índices e Base para novos Instrumentos e Mecanismos de Gestão. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, v.1, n.1, p.19-30, 2006.
- HARDER, I. C. F.; RIBEIRO, R. C. S.; TAVARES, A. R. Índices de área verde e cobertura vegetal para as praças do município de Vinhedo, SP. Revista Árvore, v.30, n.2, p.277-282, 2006.
- LOBODA, C. R.; DE ANGELIS, B. L. D. Áreas verdes públicas urbanas: conceitos, usos e funções. Revista Ambiência, v.1, n.1, p.125-139, 2005.
- MARTINI, A.; CANGUÇU, J. A. Qualidade da arborização viária do campus da Universidade Federal de Viçosa. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v.11, n.2, p.418-433, 2020.
- MILANO, M. S. Avaliação e Análise da Arborização de ruas de Curitiba-PR. 130f. Dissertação (Especialização em Engenharia Florestal). Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1984.

NUCCI, J. C. Qualidade Ambiental e Adensamento Urbano: Um estudo de Ecologia e Planejamento da Paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP). 2. ed. Curitiba: O Autor, 2008. 150p.

NUCCI, J. C.; CAVALHEIRO, F. Cobertura vegetal em áreas urbanas - conceito e método. GEOUSP Espaço e Tempo, v.3, n.2, p.29-36, 2006.

RECHIA, S. Parques Públicos de Curitiba: A Relação Cidade-Natureza nas Experiências de Lazer. 189f. Tese (Doutorado). Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2003.

RISSO, L. S.; BELINCANTA, C. Diagnóstico e Planejamento da Arborização do Campus da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Francisco Beltrão. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Bacharelado em Engenharia Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2016.

SANCHES, J. H.; MAGRO, T. C.; SILVA, D. F. da. Distribuição espacial da *Terminalia catappa* L. em área restinga no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Picinguaba, Ubatuba/SP. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, 2007, Florianópolis, Anais... Florianópolis, 2007.

SCHUCH, M. I. S. Uma Contribuição à qualidade de vida com uso de geotecnologias. 101f. Dissertação (Mestrado em Arborização). Centro de Ciências Rurais. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2006.

SILVA, R. N. Caracterização e análise quali-quantitativa da arborização em praças da área central da cidade de Arapiraca, AL. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, v.7, n.2, p.102-115, 2012.

TERRA, C. G. Os jardins no Brasil do século XIX: Glaziou Revisitado. 272f. Dissertação (Mestrado em História da Arte). Escola de Belas Artes. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1993.

VIEIRA, P. B. H. Uma Visão Geográfica das Áreas Verdes de Florianópolis-SC: estudo de caso do Parque Ecológico do Córrego Grande (PECG). 109f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia). Universidade Federal de Santa Catarina. 2006.

ZILLER, S. R.; ZENNI, R. D.; DECHOUM, M. S. Espécies Exóticas Invasoras na Arborização Urbana: Problemas e Soluções. In: Congresso Brasileiro de Arborização Urbana, 11, 2007, Vitória. Anais...Vitória, 2007.

# RECURSOS NATURAIS, SUSTENTABILIDADE E CONSTRUÇÃO CIVIL: O POTENCIAL DO PÓ DE PEDRA DE GNAISSE NA FABRICAÇÃO DE CONCRETO

**Dayane Gonçalves Ferreira**

*Ms. em Construção Metálica, Profa. Titular, UNIVALE, Governador Valadares, MG,  
dayane.ferreira@univale.br*



<http://lattes.cnpq.br/4941883554876026>

**Hernani Ciro Santana**

*Dr. em Ciências Humanas. Prof. Titular, UNIVALE, Governador Valadares -MG,  
hernani.santana@univale.br*



<https://orcid.org/0000-0002-7654-1271>

## Introdução

Em todas as atividades humanas a busca por qualidade e segurança são princípios básicos, o que não é diferente na construção civil. Nas edificações, a segurança está diretamente relacionada às estruturas, que, mundialmente, utilizam majoritariamente concreto armado, segundo Mehta e Monteiro (1994). Atribui-se este uso a características como sua excelente resistência a água, facilidade na execução, variedade de formas e tamanhos das estruturas, baixo preço e fácil disponibilidade (BAUER, 2000).

Na produção do concreto utilizado nas estruturas é imprescindível a utilização de matéria prima de qualidade para assegurar o atendimento aos requisitos de qualidade necessários segundo a NBR 15575 (2021). Isaia (2011) define agregado como material granular, sem forma ou volume definidos, de dimensões e propriedades adequadas as obras de engenharia, em particular ao fabrico de concretos e argamassas de cimento Portland.

A qualidade dos agregados, principalmente o miúdo, é uma constante preocupação para o setor, visto que, devido ao crescimento da construção civil e conseqüentemente maior utilização da areia natural nos últimos anos, as reservas deste material vêm se tornando escassas, o que impacta na qualidade do concreto e gera impactos ambientais e econômicos (UNEP, 2019).

Neste cenário, uma alternativa importante é a utilização de pó de pedra, rejeito da britagem, em substituição parcial da areia natural na fabricação do concreto. A utilização deste rejeito na produção de concreto propicia a redução nos impactos ambientais em dois sentidos, diminuindo a extração da areia natural e dando destinação a este rejeito, que, descartado de forma inadequada, gera uma série de impactos ao ambiente (MENOSSI, 2010).

Esta pesquisa tem como objetivo analisar a viabilidade técnica da substituição parcial da areia natural por pó de pedra de gnaiss na fabricação do concreto por meio da análise de diferentes porcentagens de substituição a fim de definir o ideal para um concreto de melhor resistência.

## **Material e Métodos**

O estudo para análise da viabilidade técnica da substituição parcial da areia natural na fabricação do concreto por pó de pedra realizado na cidade de Governador Valadares – MG utilizou pó de gnaiss, rocha característica da região, e areia dragada do rio Doce.

Para determinação das dosagens dos materiais utilizados no concreto foram feitos ensaios de caracterização dos agregados. Nos agregados miúdos, areia e pó de pedra, foram avaliados a granulometria, massa específica e material pulverulento. O agregado graúdo, brita, foi ensaiado para determinação da granulometria. A composição granulométrica para Isaia (2011) mostra a distribuição dos grãos que compõem os agregados. A NBR 17054 (2022) apresenta as composições granulométricas correspondentes a zona utilizável e ótima, estabelecendo limites na utilização de agregados para concreto. Tais limites influenciam na trabalhabilidade e custo do concreto, Isaia (2011) explica que a areia muito grossa produz concreto com trabalhabilidade comprometida, e as muito finas elevam o consumo de água, conseqüentemente, o consumo de cimento para determinada relação água/cimento, sendo, portanto, antieconômicas. O ideal é a utilização de agregado com granulometria equilibrada, produzindo concreto trabalhável e econômico, além de diminuir o volume de vazios e impedindo penetração de agentes corrosivos.

As dosagens foram determinadas utilizando o método da ABCP, baseado no American Concrete Institute (ACI) e Portland Cement Institute (PCI) e adaptado as condições brasileiras. O estudo de dosagem de concretos, segundo Isaia (2011), é o procedimento necessário para definir a melhor proporção dos materiais que os constitui. A obtenção de uma mistura ideal torna o concreto mais econômico, com os materiais disponíveis, para atender a requisitos básicos que devem ser atendidos pelo concreto, a resistência mecânica, deformabilidade, durabilidade e trabalhabilidade. Mehta e Monteiro (1994) destacam também a importância da dosagem do concreto para atingir o menor custo possível do produto.

O ensaio realizado no concreto no estado fresco foi o de abatimento, regulamentado pela NBR 16889 (2020) e no concreto no estado endurecido foram realizados ensaios de resistência a compressão segundo preconizado na NBR 5739 (2018). Para a determinação da granulometria dos agregados miúdos e graúdo foram recolhidas amostras conforme prescreve a NBR 16915 (2021).

O ensaio de resistência à compressão tem como objetivo determinar a carga máxima que o concreto resiste. Para sua realização os corpos-de-prova foram moldados conforme a NBR 5738 (2015) e ensaiados segundo a NBR 5739 (2018).

## Resultados e Discussão

A caracterização dos agregados foi realizada por meio do ensaio de granulometria.

Considerando os limites estabelecidos na NBR 7211 (2022), a brita utilizada no ensaio, material característico da região de Governador Valadares – MG, não atende os limites estabelecidos na zona granulométrica compreendida entre as peneiras de 9,5 e 19,0mm, conforme indica a curva granulométrica apresentada na Figura 1.

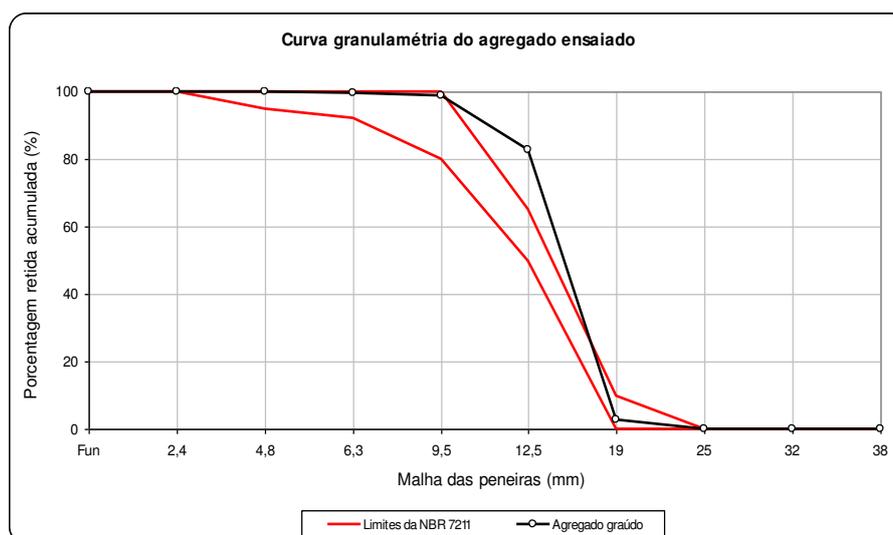


Figura 1. Curva granulométrica brita.

Na Figura 2 é apresentado o ensaio granulométrico da areia natural, comparado aos valores de referência estabelecidos na NBR 7211 (2022), que definem a zona utilizável e ótima para os agregados miúdos.

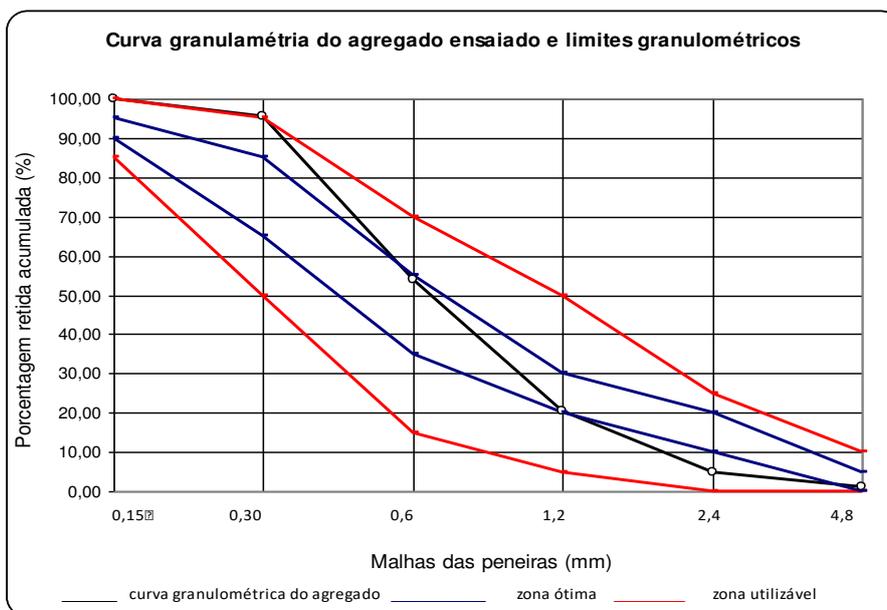


Figura 2. Curva granulométrica areia natural.

A curva granulométrica da areia mostra que o material se encontra dentro dos limites utilizáveis, porém, fora da zona ótima que é o ideal para a utilização como agregado no concreto.

A análise da curva granulométrica do pó de pedra aponta que o agregado também não atende aos limites estabelecidos na NBR 7211 (2022) para a zona ótima de utilização, conforme apresenta a Figura 3.

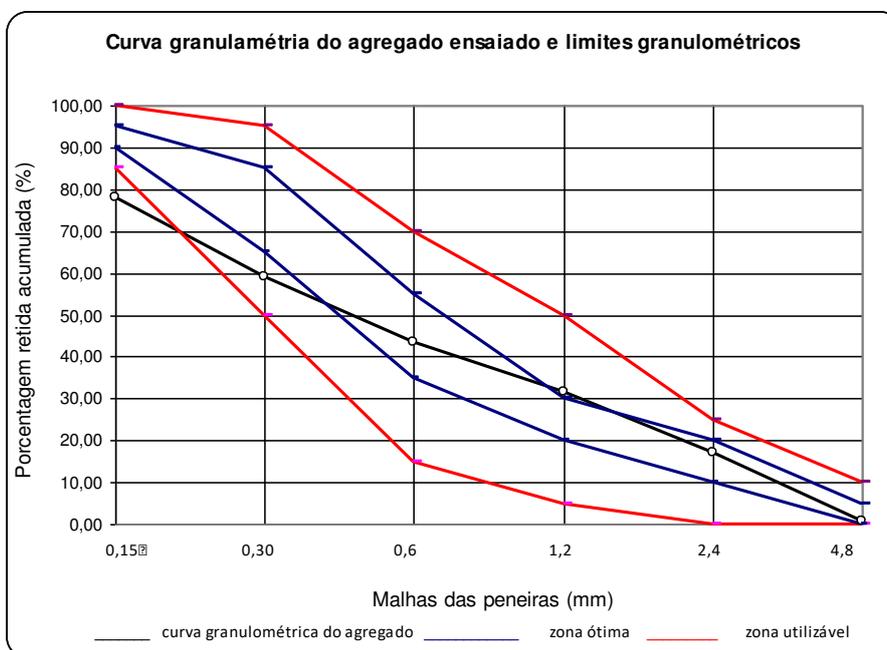


Figura 3. Curva granulométrica pó de pedra.

É possível obter um agregado miúdo que se enquadre na zona ótima de utilização por meio de uma mistura entre areia natural e pó de pedra. Valores teóricos de substituição parcial de areia natural por pó de pedra apresentam a melhoria na qualidade do agregado miúdo.

A Figura 4 apresenta a composição entre 80 por cento de areia natural e 20 por cento de pó de pedra. Verifica-se que houve uma melhoria da curva granulométrica, considerando os valores de referência normativos, com apenas dois intervalos de peneiras fora da zona ótima de aceitação.

Ao aumentar a quantidade percentual de pó de pedra na composição para 40%, nota-se que a distribuição da curva granulométrica é ainda melhor, considerando os valores normativos de referência para a zona ótima de utilização do material no concreto, como pode ser visto na Figura 5.

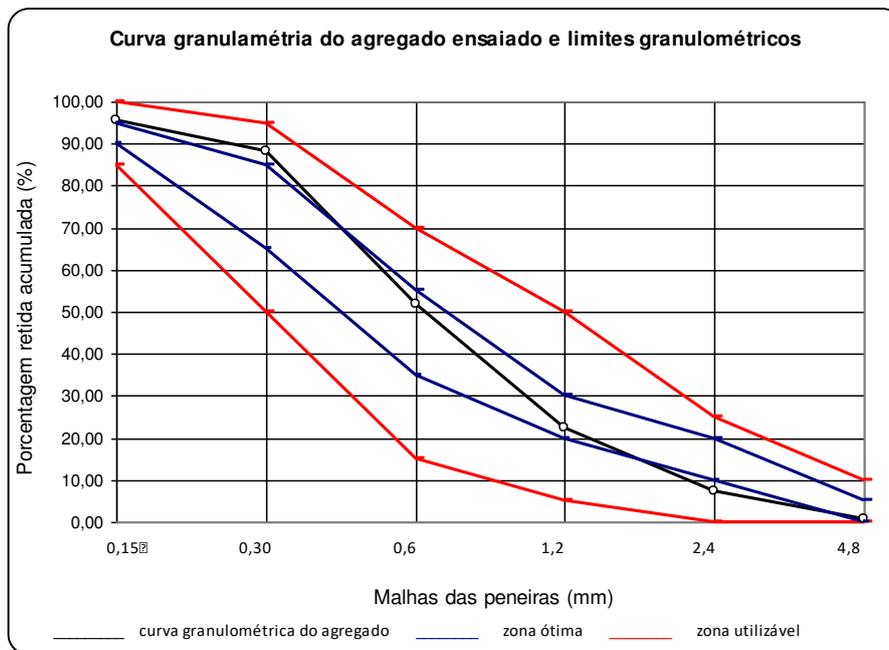


Figura 4. Curva granulométrica teórica com 80% de areia natural e 20% de pó de pedra.

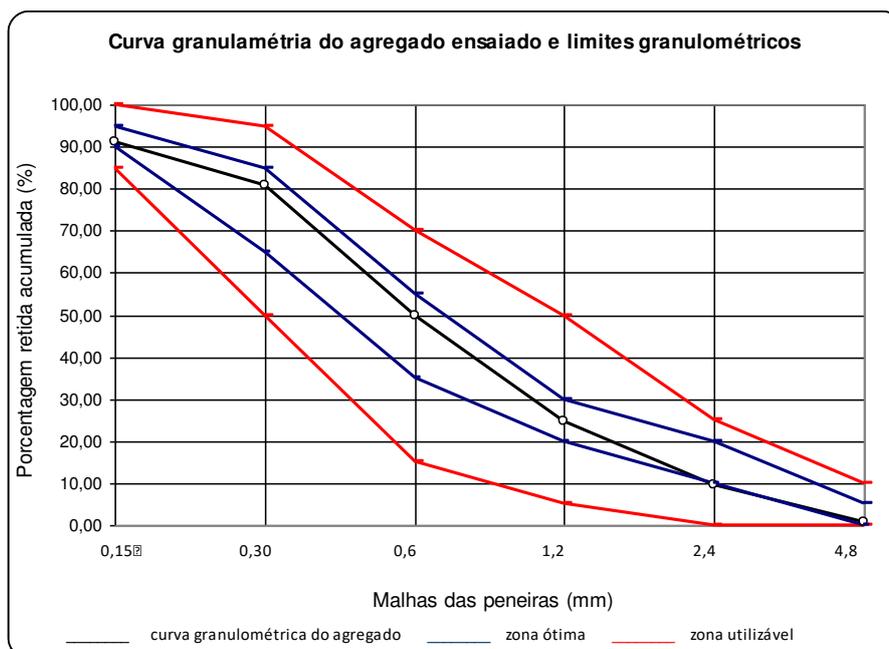


Figura 5. Curva granulométrica teórica com 60% de areia natural e 40% de pó de pedra.

Ao utilizar na composição 60 por cento de pó de pedra, o agregado somente em um intervalo de peneiras não se enquadra na zona ótima estabelecida pela NBR 7211 (2022), como mostrado na Figura 6. A partir de 80 por cento de pó de pedra na composição, o agregado apresenta novamente curva granulométrica que não atende a zona ótima determinada na NBR 7211 (2022), expressos na Figura 7.

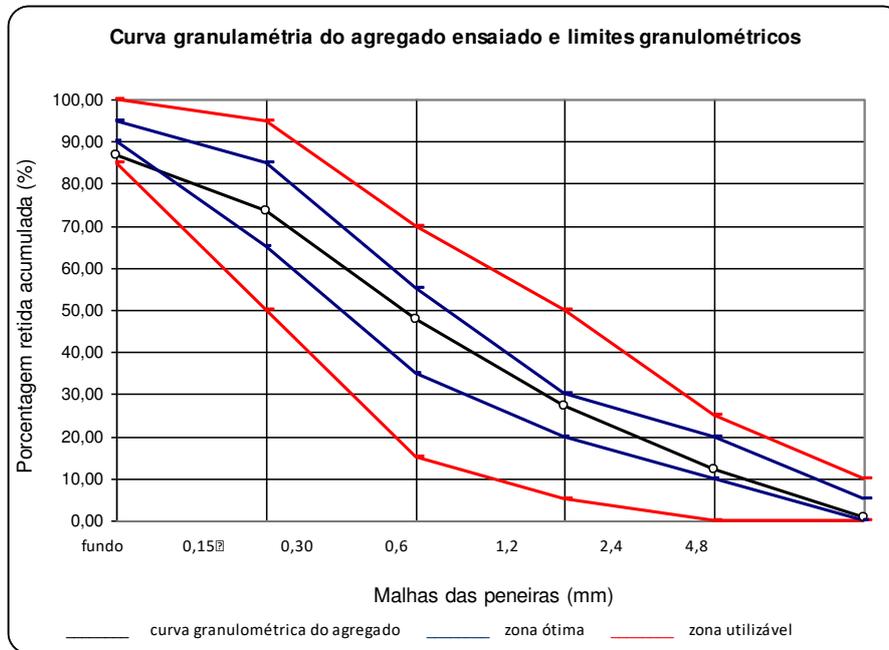


Figura 6. Curva granulométrica teórica com 40% de areia natural e 60% de pó de pedra.

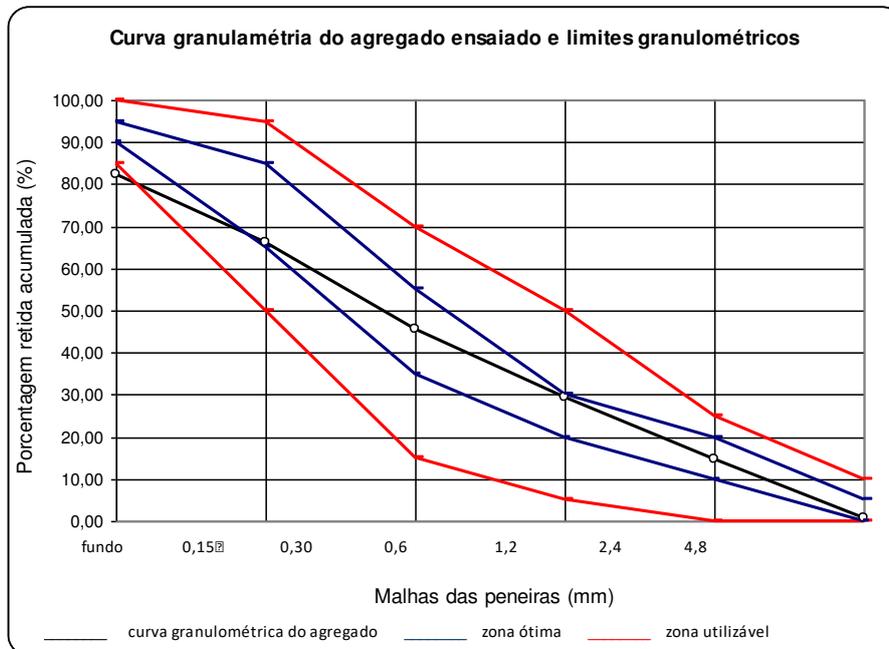


Figura 7. Curva granulométrica teórica com 20% de areia natural e 80% de pó de pedra.

Os ensaios realizados apontaram que as massas específicas dos agregados miúdos utilizados foram 2.600,00 kg/m<sup>3</sup> para a areia e 2724,00 kg/m<sup>3</sup> para o pó de pedra. As massas específicas utilizadas nas composições foram valores teóricos percentuais.

Utilizou-se o valor de 2.650,00 kg/m<sup>3</sup> para massa específica da brita 01, com base em ensaios realizados pela fornecedora do material, apresentado em laudos. Os valores encontrados de material pulverulento nos agregados miúdos estão apresentados na Tabela 1, bem como os valores teóricos das composições formadas entre areia e pó de pedra.

Tabela 1. Material pulverulento nos agregados miúdos e limites NBR 7211

| <b>Agregado</b>              | <b>Material pulverulento %</b> |
|------------------------------|--------------------------------|
| Areia                        | 1,4                            |
| Pó de pedra                  | 7,2                            |
| 80% areia + 20 % Pó de pedra | 2,56                           |
| 60% areia + 40 % Pó de pedra | 3,72                           |
| 40% areia + 60 % Pó de pedra | 4,88                           |
| 20% areia + 80 % Pó de pedra | 6,04                           |

Tendo-se estabelecido a resistência característica (fck) em 20 MPa, a resistência de dosagem (fcj) calculada foi 26,6 MPa. Determinou-se então, através da curva de Abrams a relação água cimento (a/c) 0,55. O consumo de água para o abatimento de 10 cm, pelo método da ABCP e com dimensão máxima característica do agregado graúdo de 19,0 mm é de 205 l/m<sup>3</sup>.

Os ensaios indicaram um alto teor de material pulverulento no pó de pedra, mesmo que dentro do limite requerido na NBR 7211 (2022), mas que eleva o consumo de água. Foi então usado como base o traço contendo somente pó de pedra, buscando um consumo de água que resultasse em um *slump* entre 10 e 11 cm.

Após a execução de dosagens experimentais definiu-se os valores de água e cimento necessários para atingir o abatimento esperado, sendo respectivamente 240 e 436,36 kg/m<sup>3</sup>. O cimento utilizado foi o CP III 32 RS, fabricado pela Cauê.

Através das composições teóricas entre pó de pedra e areia, houve variação na granulometria, conseqüentemente variando também o módulo de finura. Portanto a definição do consumo de agregado graúdo variou para cada composição, visto que está condicionada ao módulo de finura do agregado miúdo.

Como o consumo de agregado miúdo está relacionado aos consumos de água, cimento e agregado graúdo, havendo variação no consumo graúdo, também ficou estabelecido para cada composição um consumo de agregado miúdo característico. A Tabela 2 apresenta as dosagens utilizadas em cada composição.

Tabela 2. Dosagens

| <b>Dosagem</b>                    | <b>Relação A/C</b> | <b>Componente</b> | <b>Quantidade (kg)</b> |
|-----------------------------------|--------------------|-------------------|------------------------|
| 100% Areia                        | 0,55               | Cimento           | 436,36                 |
|                                   |                    | Areia             | 650,00                 |
|                                   |                    | Pó de pedra       | 0,00                   |
|                                   |                    | Brita 01          | 971,50                 |
|                                   |                    | Água              | 240,00                 |
| 80% Areia<br>+<br>20% Pó de pedra | 0,55               | Cimento           | 436,36                 |
|                                   |                    | Areia             | 503,96                 |
|                                   |                    | Pó de pedra       | 125,99                 |
|                                   |                    | Brita 01          | 1.000,50               |
|                                   |                    | Água              | 240,00                 |
| 60% Areia<br>+<br>40% Pó de pedra | 0,55               | Cimento           | 436,36                 |
|                                   |                    | Areia             | 381,54                 |
|                                   |                    | Pó de pedra       | 254,36                 |
|                                   |                    | Brita 01          | 1.000,50               |
|                                   |                    | Água              | 240,00                 |
| 40% Areia<br>+<br>60% Pó de pedra | 0,55               | Cimento           | 436,36                 |
|                                   |                    | Areia             | 246,04                 |
|                                   |                    | Pó de pedra       | 369,07                 |
|                                   |                    | Brita 01          | 1.029,50               |
|                                   |                    | Água              | 240,00                 |
| 20% Areia<br>+<br>80% Pó de pedra | 0,55               | Cimento           | 436,36                 |
|                                   |                    | Areia             | 124,16                 |
|                                   |                    | Pó de pedra       | 496,66                 |
|                                   |                    | Brita 01          | 1.029,50               |
|                                   |                    | Água              | 240,00                 |
| 100% Pó de pedra                  | 0,55               | Cimento           | 436,36                 |
|                                   |                    | Areia             | 0,00                   |
|                                   |                    | Pó de pedra       | 626,52                 |
|                                   |                    | Brita 01          | 1.029,50               |
|                                   |                    | Água              | 240,00                 |

A dosagem usada como base previa um abatimento de cone entre 10 e 11 cm. Nas demais dosagens, com variação da composição do agregado miúdo, obtiveram-se outros valores de slump, apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Abatimento de cone

| <b>Dosagem</b>              | <b>Slump encontrado (cm)</b> |
|-----------------------------|------------------------------|
| 100% Areia                  | 20                           |
| 80% Areia + 20% Pó de pedra | 20                           |
| 60% Areia + 40% Pó de pedra | 18                           |
| 40% Areia + 60% Pó de pedra | 16                           |
| 20% Areia + 80% Pó de pedra | 16                           |
| 100% Pó de pedra            | 10                           |

Os resultados mostraram que o acréscimo de pó de pedra reduz o abatimento, diminuindo a trabalhabilidade. Porém, durante a execução observou-se que as dosagens compostas parcialmente por pó de pedra apresentavam-se mais coesas.

Para realização dos ensaios de resistência a compressão foram moldados 6 corpos-de-prova de cada dosagem segundo a NBR 5738 (2015). O processo de moldagem realizou-se no Campus II da Universidade Vale do Rio Doce, e no dia seguinte os corpos-de-prova foram transportados para o tanque de cura, sendo posteriormente retificados para realização dos ensaios de resistência à compressão após 3, 7 e 28 dias da moldagem, rompendo-os em prensa hidráulica. A Figura 6 apresenta os resultados obtidos nos ensaios de resistência a compressão.

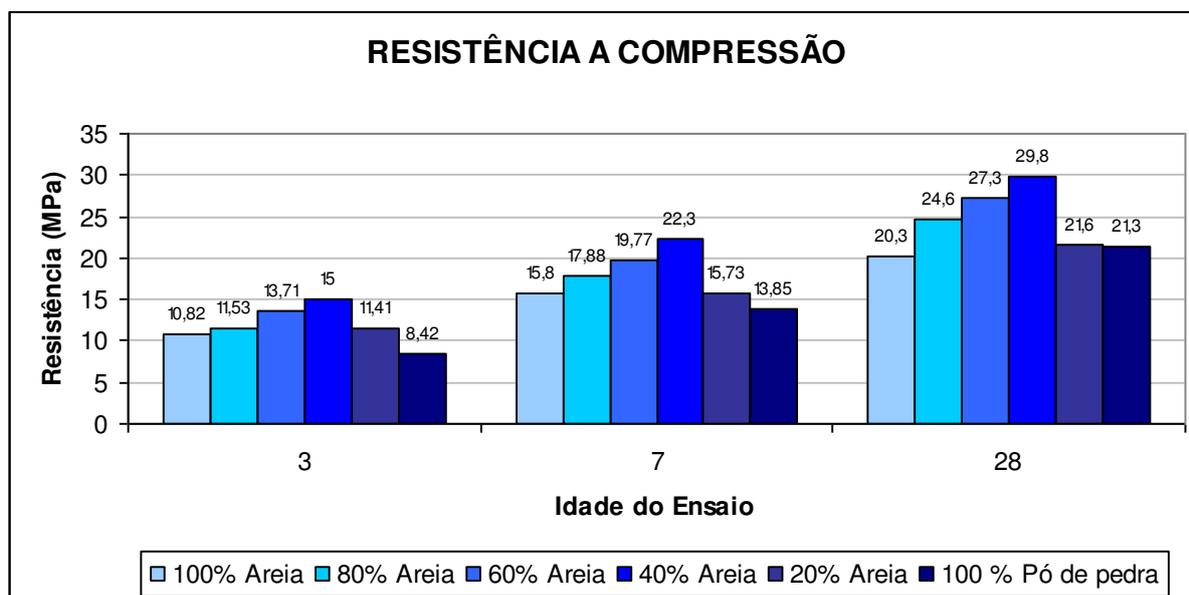


Figura 6. Comparação da resistência a compressão das dosagens.

Comparando-se os valores encontrados para as dosagens ensaiadas é notável o acréscimo da resistência das amostras substituição parcial de areia por pó de pedra.

A composição com 60 por cento de pó de pedra apresentou aos 28 dias resistência 46,80 por cento maior que a dosagem com areia natural. Observa-se também que em dosagens com substituição de areia maior que 60 por cento há perda de resistência a compressão, estabelecendo o limite da utilização do pó de pedra.

O procedimento seguinte foi determinar o menor consumo de água possível na dosagem utilizando somente areia como agregado miúdo, observando-se as mesmas condições impostas a dosagem anterior que foram o abatimento de 11 cm e relação a/c 0,55.

Em dosagens experimentais determinou-se que o menor consumo de água possível assim como na dosagem anterior foi de 230 kg/m<sup>3</sup>.

Ensaio de resistência a compressão desta dosagem resultaram nos valores apresentados na figura 7, onde se compara a resistência à compressão das dosagens com 50 e 100 por cento de areia,

ambas com consumo de água de  $230 \text{ kg/m}^3$  e relação a/c 0,55.

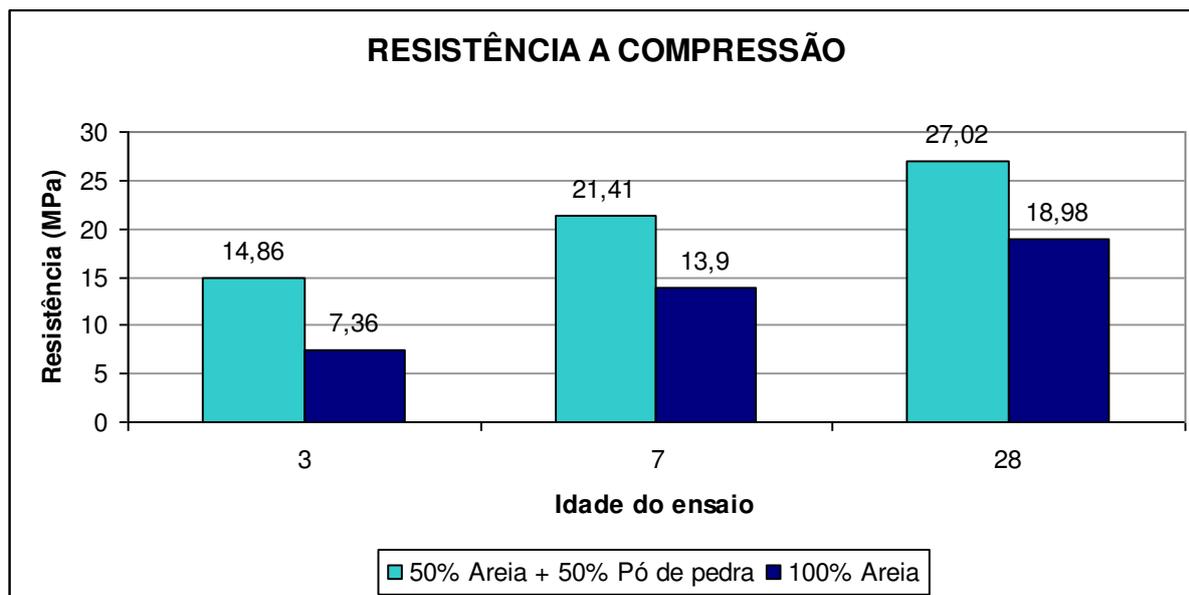


Figura 7. Comparação da resistência a compressão das dosagens.

Fica claro o ganho obtido em uma dosagem composta por 50 por cento de pó de pedra, que apresenta aos 28 dias resistência a compressão superior 42,36 por cento a dosagem com 100 por cento de areia.

## Conclusão

A preservação dos recursos naturais é crucial para garantir o bem-estar das gerações presentes e futuras, pois são esses recursos que sustentam a vida em nosso planeta. A crescente conscientização sobre a finitude desses recursos e os impactos das atividades humanas sobre o meio ambiente têm impulsionado a necessidade de ações imediatas e eficazes. Nesse contexto, as engenharias desempenham um papel fundamental na busca por soluções sustentáveis.

No entanto, a exploração desenfreada e a degradação dos recursos naturais têm colocado em risco os sistemas ecológicos e a estabilidade do nosso planeta. É imperativo que adotemos medidas para proteger e restaurar esses recursos preciosos. As engenharias têm respondido a esse chamado com uma série de inovações e ações concretas.

Através da inovação tecnológica e da aplicação de conhecimentos científicos, as engenharias têm desenvolvido medidas que visam a conservação e o uso responsável dos recursos naturais. Isso inclui o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes, a redução do desperdício de matérias-primas, a promoção de energias renováveis e a implementação de práticas de design e construção sustentáveis. Por sua vez esta pesquisa apresenta que, por meio dos ensaios de dosagens com composição de areia e pó de pedra, foi possível obter um agregado miúdo com curva granulométrica que atenda a zona ótima de utilização, ao utilizar entre 40 e 60 por cento de pó de pedra.

Quanto à trabalhabilidade, a adição de pó de pedra eleva o consumo de água para obter um concreto trabalhável, porém, há menor tendência a segregação com a adição de material fino.

Analisando os ensaios de resistência a compressão, juntamente com os ensaios de granulometria foi possível determinar o valor ideal de substituição de areia por pó de pedra que proporcionasse um concreto de melhor qualidade, sendo 50 por cento de cada agregado miúdo. A resistência a compressão das dosagens com substituição de 50 por cento de areia por pó de pedra, apresentou valores cerca de 40 por cento acima das dosagens sem substituição.

Assim, podemos afirmar que a utilização do pó de pedra em substituição parcial da areia no concreto é viável técnica e ambientalmente.

## **Referências**

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2015.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5739: Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, 2023.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7211: Agregados para concreto – Requisitos. Rio de Janeiro, 2022.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2021.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16915: Agregados - Amostragem. Rio de Janeiro, 2021.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16916: Agregado miúdo - Determinação da densidade e da absorção de água. Rio de Janeiro, 2021.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16973: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm por lavagem. Rio de Janeiro, 2021.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16889: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco do cone. Rio de Janeiro, 2020.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 17054: Agregados - Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2022.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM ISO 3310-1: Peneiras de ensaio: requisitos técnicos e verificação. Rio de Janeiro, 2010.
- BAUER, L. A. Falcão (Coord.). Materiais de construção. 2 v. 5. ed. Revisada. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2000.
- ISAIA, G. C. (Coord.). Concreto: Ciência e tecnologia. 2v. São Paulo: IBRACON, 2011.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: PINI, 1994.

MENOSSE, R. T.; MELGES, J. L. P.; AKASAKI, J. L.; CAMACHO, J. S.; FAZZAN, J. V.; TASHIMA, M. M.; SALLES, F. M. Pó de pedra: uma alternativa ou um complemento ao uso da areia na elaboração de misturas de concreto? *Holos Environment*, v.10, n.2, p.209–222, 2010.

UNEP. United Nations Environment Programme. Sand and Sustainability: Finding New Solutions for Environmental Governance of Global Sand Resources. 2019. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/28163>. Acesso em: 14 de outubro de 2023.

# QUALIDADE DE ÁGUAS UTILIZADAS NA IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO PROVENIENTE DE DIFERENTES FONTES

**Maria Viviane Palmeira da Costa**

Doutoranda em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, maria.palmeira@estudante.ufcg.edu.br

 <https://orcid.org/0009-0001-0814-9577>

**Mayra Gislayne Melo de Lima**

Dra. em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, mayramelo.ufcg@live.com

 <https://orcid.org/0000-0002-0247-3827>

**Yohanna Macêdo de Farias Pinto**

Mestranda em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, yohannamfarias@gmail.com

 <https://orcid.org/0009-0004-5691-6736>

**Rafael da Silva Morais**

Graduando em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, rafan955@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-8035-3698>

**Anna Rebeca Silva Nóbrega**

Mestranda em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, anna.rebsil@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-6059-8804>

**José Dantas Neto**

Dr. em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, zedantas1955@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-0798-6717>

**Maria Sallydelândia de Farias Araújo**

Dra. em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, sallydelandia@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-3255-2024>

**Luciano Marcelo Fallé Saboya**

Dr. em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, lsaboya@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-7586-6867>

## **Introdução**

A escassez hídrica é um dos maiores desafios do século XXI, fazendo com que a segurança e a sustentabilidade do abastecimento de água seja uma preocupação mundial. Visto que, os longos períodos de estiagem, a má distribuição de água e o aumento da necessidade hídrica em função do crescimento demográfico e econômico são fatores que influenciam diretamente na limitação dos recursos hídricos para a população (HENDGES et al., 2018). De modo que um gerenciamento hídrico adequado pode minimizar o comprometimento da qualidade de vida e do desenvolvimento de regiões com limitação da disponibilidade de água.

Nesse âmbito, a agricultura irrigada se destaca como técnica essencial para o suprimento das necessidades hídricas das culturas, viabilizando a produção de alimentos mesmo em regiões onde a água é um recurso escasso. Todavia, segundo Santos et al. (2019), a irrigação se destaca como a maior consumidora de água, dentre as mais diversas que a tem como fator primordial para sua execução. Fazendo com que as águas de boa qualidade se tornem cada vez mais escassas e que de acordo com Sales et al. (2020) as discussões sobre o uso de recursos hídricos em terras agrícolas sejam crescentes, enfatizando as perdas de qualidade e quantidade devido aos plantios sucessivos, o excesso de fertilizantes químicos, agrotóxicos e o manejo inadequado dos solos que ameaçam, em especial, nas regiões áridas e semiáridas.

Diante disso, o reúso surge como uma alternativa para o uso racional das águas, podendo ser uma fonte alternativa para o suprimento dos elevados volumes requeridos pela agricultura. Cavalcante et al. (2020) complementam que, além de uma forma viável para a disponibilidade hídrica, a utilização de água de reúso nas áreas com produção agrícola pode ser uma maneira efetiva para o controle da poluição ambiental. Entretanto, deve ser ressaltado que a utilização de águas residuárias deve ser planejada e baseada em tratamentos que garantam a qualidade de seus padrões físico-químicos, bacteriológicos e biológicos, seguindo as legislações vigentes determinadas pela OMS, assegurando o uso seguro para o produtor rural, garantindo uma agricultura sustentável e a preservação dos recursos hídricos (BERNARDINO, 2022).

Associado ao reúso de águas, a escolha por métodos de irrigação de alta eficiência são essenciais no âmbito do uso eficiente da água. Destacando dentre os métodos existentes a irrigação localizada, por possibilitar um melhor aproveitamento dos recursos hídricos, não interferir na execução dos tratamentos culturais, aumentar a produtividade, melhorar a qualidade do produto, reduzir o perigo de salinidade para as plantas, possibilitar a prática de aplicação de produtos químicos (fertilizantes, inseticidas, fungicidas) via água de irrigação, facilitar o controle fitossanitário e propiciar uma economia de energia e de mão-de-obra pelo fato de operar a baixas pressões e vazões a curtos períodos de operação, adaptando relativamente a diferentes tipos de solos e topografia, entre outras (TESTEZLAF, 2017).

Contudo, esse método pode apresentar limitações como um elevado custo inicial de instalação, principalmente devido a necessidade de um sistema de filtragem rigoroso para prevenir o

entupimento dos emissores devido ao pequeno diâmetro (LEROY, 2022). Sendo de grande valia, segundo Lima (2022), o conhecimento prévio das características físicas, químicas e biológicas da água que será utilizada na irrigação, uma vez que, a qualidade da água pode além de ocasionar danos às culturas e ao solo, acelerar o processo de obstrução dos emissores na irrigação localizada, em especial, por gotejamento.

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo correlacionar os componentes físicos, químicos e biológicos presentes em águas empregadas na irrigação localizada por gotejamento, com os possíveis riscos de entupimentos dos emissores.

## **Material e Métodos**

O experimento foi realizado em uma área experimental pertencente ao Laboratório de Engenharia de Irrigação e Drenagem (LEID), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), no Campus de Campina Grande-PB. As coordenadas geográficas do local são S07°15'18" de latitude, W35°52'28" de longitude, altitude média de 550 m e com classificação climática de Kooppen do tipo CSa, com clima mesotérmico, semiúmido, com verão quente e seco (4 a 5 meses) e chuvas de outono a inverno (ANDRADE et al., 2022).

Buscando relacionar a origem do possível entupimento dos emissores com a qualidade da água utilizada na irrigação, foram analisados os parâmetros físico-químicos e microbiológicos, de águas provenientes de duas fontes distintas: água do abastecimento urbano do município de Campina Grande-PB, a qual atende a todo o campus da Universidade Federal de Campina Grande-UFCG e é fornecida pela Companhia de Água e Esgotos do Estado da Paraíba-CAGEPA e água residuária de esgoto doméstico, advinda de um córrego que percorre o interior do Campus I da UFCG, antes e após filtragem em filtro de areia.

Os parâmetros estudados na água de abastecimento urbano foram obtidos a partir de laudos disponibilizados pelo laboratório da Companhia de Água e Esgotos do Estado da Paraíba - CAGEPA e após análise no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS). A água residuária de esgoto doméstico além de ser analisada no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), foi encaminhada para o Laboratório de Referência em Dessalinização - LABDES/UFCG.

De modo que os parâmetros de potencial hidrogeniônico (pH), sólidos em suspensão (Ss), turbidez, sólidos dissolvidos, ferro (Fe), sulfetos de hidrogênio (H<sub>2</sub>S), manganês (Mn), concentração de algas e bactérias, foram obtidos em conformidade com as recomendações do Standard Methods (APHA, 2005) e, posteriormente, classificados segundo Nakayama e Bucks (1986), conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Classificação das águas de irrigação quanto ao risco de entupimento

| Fatores de Entupimento        | Níveis de Risco |               |         |
|-------------------------------|-----------------|---------------|---------|
|                               | Baixo           | Moderado      | Severo  |
| <b>Físico</b>                 |                 |               |         |
| Sólido em suspensão           | < 50            | 50 - 100      | > 100   |
| <b>Químico</b>                |                 |               |         |
| pH Sólidos                    | < 7             | 7 - 8         | > 8     |
| dissolvidos                   | < 500           | 500 - 2000    | > 2000  |
| Ferro Total                   | < 0,2           | 0,2 - 1,5     | > 1,5   |
| Manganês                      | < 0,1           | 0,1 - 1,5     | > 1,5   |
| Sulfeto de Hidrogênio         | < 0,2           | 0,2 - 2,0     | > 2,0   |
| <b>Biológico</b>              |                 |               |         |
| População bacteriana (NMP/ml) | < 10000         | 10000 - 50000 | > 50000 |

Fonte: Nakayama e Bucks (1986). Obs.: Os parâmetros físicos e químicos estão na unidade mg L<sup>-1</sup>.

## Resultados e Discussão

Analisando as características físico-químicas e microbiológicas da água de abastecimento urbano e da água residuária de esgoto doméstico filtrada utilizada na pesquisa (Tabela 2), é possível descrevê-la de acordo com a sua adequabilidade para uso na irrigação com risco baixo, moderado ou severo de entupimentos de emissores.

De acordo com os resultados da Tabela 2, a Condutividade Elétrica – CE para a água residuária antes do tratamento foi de 1,101 dS m<sup>-1</sup> e após o tratamento de 1,073 dS m<sup>-1</sup>, já para a água de abastecimento o valor obtido foi de 0,743 dS m<sup>-1</sup>, sendo classificadas com baixo risco de entupimento, segundo Ayers e Westcost (1999). Segundo Lima et al. (2014) a Condutividade Elétrica (CE) é considerada o parâmetro mais usado para avaliação dos níveis de salinidade e concentrações de sais solúveis em águas destinadas para fins de irrigação e está diretamente relacionada à quantidade de sais dissolvidos na forma de íons e aumenta proporcionalmente com o aumento da concentração de sal.

Os valores de sólidos totais dissolvidos para irrigação encontrados na amostra de água residuária foram classificados como moderados, ultrapassando o valor permitido de 500 mg L<sup>-1</sup> para fins agrícolas, conforme a classificação de Nakayama e Bucks (1986). Para Almeida (2009), os altos teores de sólidos suspensos promovem o entupimento físico que é, geralmente, derivado de partículas que a água leva em suspensão e que obstruem ou fecham diante do aparecimento de incrustações nos emissores ou nas próprias tubulações.

O pH da água residuária de esgoto doméstico mostrou um risco de entupimento moderado antes do tratamento com pH igual a 7,8, e após o tratamento o valor obtido foi 8,1, sendo o efluente classificado com risco severo quanto à obstrução dos gotejadores, devido à suscetibilidade para precipitação dos elementos químicos. Resultados semelhantes foram obtidos por Dazhuang et al. (2009) ao avaliarem a formação de biofilme com a aplicação de efluente doméstico com uma faixa de pH entre 8,04 a 8,21, classificando a água utilizada na pesquisa com risco severo ao entupimento em

sistemas de irrigação por gotejamento. Segundo Caminha (2022), quando as águas possuem um valor de pH acima de 8,4, podem ocasionar entupimentos nos sistemas de irrigação localizada, devido a precipitação do carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>). Em relação à água de abastecimento, o valor do pH obtido foi de 6,58 sendo baixo o risco de entupimento, tomando como base a classificação proposta por Nakayama e Bucks (1986).

Tabela 2. Parâmetros físico-químicos e microbiológicos das águas utilizadas na irrigação

| Parâmetros <sup>1</sup>                         | Unidades                  | Água de Abastecimento | Água Residuária         |                         |
|---|---------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|
|   |                           |                       | Antes da filtragem      | Filtrada                |
| CE  | dS m <sup>-1</sup> a 25°C | 0,743                 | 1.101                   | 1.073                   |
| pH  | -                         | 6,58                  | 7,8                     | 8,1                     |
| Cor, Unidade Hazen                              | mg Pt-Co L <sup>-1</sup>  | -                     | 103                     | 56                      |
| Dureza em Cálcio (Ca <sup>++</sup> )            | mg L <sup>-1</sup>        | -                     | 61,8                    | 49                      |
| Dureza em Magnésio (Mg <sup>++</sup> )          | mg L <sup>-1</sup>        | -                     | 28,6                    | 20,1                    |
| Dureza Total (CaCO <sub>3</sub> )               | mg L <sup>-1</sup>        | -                     | 275,3                   | 208,4                   |
| Sódio (Na <sup>+</sup> )                        | mg L <sup>-1</sup>        | 2,49                  | 157,7                   | 140,8                   |
| Potássio (K <sup>+</sup> )                      | mg L <sup>-1</sup>        | 0,23                  | 25                      | 23,9                    |
| Ferro Total                                     | mg L <sup>-1</sup>        | -                     | 0,4                     | 4,39                    |
| Alcalinidade em Hidróxidos (CaCO <sub>3</sub> ) | mg L <sup>-1</sup>        | 1,27                  | 0,0                     | 0,0                     |
| Alcalinidade em Carbonatos                      | mg L <sup>-1</sup>        | -                     | 0,0                     | 52,8                    |
| Alcalinidade em Bicarbonatos                    | mg L <sup>-1</sup>        | Presença              | 362,3                   | 252,4                   |
| Alcalinidade Total                              | mg L <sup>-1</sup>        | -                     | 363                     | 305,0                   |
| Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> )         | mg L <sup>-1</sup>        | 3,85                  | 67,5                    | 99,3                    |
| Fósforo Total                                   | mg L <sup>-1</sup>        | -                     | 20,4                    | 1,0                     |
| Cloreto (Cl <sup>-</sup> )                      | mg L <sup>-1</sup>        | -                     | 160,8                   | 147,7                   |
| Nitrato (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )       | mg L <sup>-1</sup>        | 1,76                  | 0,5                     | 0,82                    |
| Nitrito (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )       | mg L <sup>-1</sup>        | 1,62                  | 0,0                     | 0,348                   |
| Cálcio (Ca)                                     | mg L <sup>-1</sup>        | -                     | 4,8                     | 0,46                    |
| Magnésio (Mg)                                   | mg L <sup>-1</sup>        | -                     | 17,4                    | 3,46                    |
| Amônia (NH <sub>3</sub> )                       | mg L <sup>-1</sup>        | -                     | 57,1                    | 37,83                   |
| Sílica (SiO <sub>2</sub> )                      | -                         | -                     | 49,8                    | 9,1                     |
| ISL (Índice de Saturação de Langelier)          | mg L <sup>-1</sup>        | -                     | 0,6                     | 0,71                    |
| STD (Sólidos Totais Dissolvidos a 180°C)        | mg L <sup>-1</sup>        | -                     | 1044,9                  | 873,8                   |
| Coliformes Totais                               | -                         | 0,0                   | >1,01 x 10 <sup>3</sup> | >1,01 x 10 <sup>3</sup> |
| <i>Escherichia Coli</i>                         | -                         | 0,0                   | >1,01 x 10 <sup>3</sup> | 0,0                     |
| Relação de adsorção de sódio                    | -                         | 1,92                  | 2,84                    | 3,36                    |
| Classe da água                                  |                           | C2                    | C3                      | C3                      |

Os resultados dos parâmetros da referida tabela estão sendo avaliados de acordo com os valores padrão apresentados na Tabela 1, referente aos limites de sensibilidade dos emissores quanto ao risco de entupimento, de acordo com a classificação proposta por Bucks et al. (1979) e Capra e Scicolone (1998).

Sobre a concentração de cálcio nas águas de abastecimento urbano e residuária de esgoto doméstico antes e após filtragem, os valores foram menores que 12,5 mmolc L<sup>-1</sup>, considerados como risco baixo. Com relação a concentração de magnésio para a água residuária o valor antes do

tratamento foi  $17,4 \text{ mg L}^{-1}$  em que o risco de entupimento é classificado como severo, e após o tratamento o valor passou a ser de  $3,46 \text{ mg L}^{-1}$  considerado risco moderado, segundo Capra e Scicolone (1998). O autor Oliveira Júnior (2021) enfatiza que, na água de irrigação os principais sais dissolvidos são sódio, cálcio e magnésio em forma de cloretos, sulfatos e bicarbonatos e, geralmente, o potássio e o carbonato estão presentes em proporções relativamente baixas.

Em relação ao entupimento físico para os valores de ferro total, a água residuária antes da filtração foi classificada com risco moderado e após com risco severo, de acordo com Nakayama e Bucks (1986). Segundo Almeida (2010), o ferro manganês e enxofre são elementos solúveis em estado reduzido, mas ao passarem por oxidação, eles precipitam e podem obstruir os emissores. A oxidação pode ser produzida por bactérias, por contato com o ar livre ou com oxidantes contidos na água. Com relação ao acúmulo de cloretos, ele pode constituir nas redes de distribuição um aumento relevante de incrustações e corrosões, ocasionando rompimentos no sistema de irrigação (CAGEPA, 2009).

A dureza de uma água se define a partir da concentração de carbonato de cálcio, que é quimicamente equivalente a concentração de cátions multivalentes (principalmente cálcio e magnésio) da água. São quatro os principais compostos que conferem dureza às águas: bicarbonato de cálcio, bicarbonato de magnésio, sulfato de cálcio e sulfato de magnésio. Assim, a água residuária em termos de dureza é considerada como dura para os valores antes ( $275,3 \text{ mg L}^{-1}$ ) e após ( $208,4 \text{ mg L}^{-1}$ ) a filtração. Ressalta-se que o risco de entupimento em função da dureza da água utilizada na irrigação é reduzido quando o resultado desse parâmetro é menor que  $150 \text{ mg L}^{-1}$ , caso seja acima de  $300 \text{ mg L}^{-1}$  a água é considerada muito dura (ALMEIDA, 2010; NAKAYAMAE & BUCKS, 1986).

A alcalinidade representa a medida total das substâncias presentes na água, que são capazes de neutralizar ácidos. O valor total de alcalinidade encontrado nas amostras ao longo do tempo de funcionamento corresponde, em sua maioria, a presença de bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ), o que Ayers e Westcot (1999) afirmam em seus estudos que concentrações de bicarbonato acima de  $305 \text{ mg L}^{-1}$ , provocam problemas graves quanto a precipitados no sistema de irrigação. É importante ressaltar que, antes da filtração o valor alcalinidade total era ( $363 \text{ mg L}^{-1}$ ) e depois ( $305 \text{ mg L}^{-1}$ ), obtendo uma redução nos valores, o que indica um possível risco de obstrução por precipitação do bicarbonato. Já os valores do Índice de Saturação de Langelier (ISL) apresentaram resultados acima de zero, indicando risco de precipitação de carbonato de cálcio, podendo provocar incrustações nas paredes das linhas condutoras de água e nos gotejadores obstruindo a passagem da água pelos condutos (FERREIRA, 2015).

A concentração de amônia na água residuária de esgoto doméstico tratado antes da filtração foi  $57,1 \text{ mg L}^{-1}$  e após foi  $37,83 \text{ mg L}^{-1}$ , ambos os valores superiores ao limite máximo de  $20 \text{ mg L}^{-1}$  para lançamento em corpos hídricos, de acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) em sua Resolução 430/2011. Por essa razão, os valores de amônia encontrados nas análises do efluente indicam a presença de nitrogênio e de potássio, reafirmando o suporte nutricional que possui os efluentes domésticos. Ferreira (2015) enfatiza que, a presença desses nutrientes pode vir a interferir

indiretamente no processo de entupimento dos gotejadores, por contribuírem para o crescimento de bactérias, criando assim, mucilagem e o biofilme nos gotejadores ao longo das linhas laterais.

Quantas à população bacteriana, no que se refere ao entupimento biológico dos emissores, a água residuária de esgoto doméstico antes e após filtragem apresentou risco severo de entupimento, com resultados positivos para Coliformes totais e *Escherichia Coli*. De acordo com Vale et al. (2018), os níveis populacionais de coliformes totais foram as características que mais interferiram no processo de obstrução dos gotejadores. Dados semelhantes aos de Martins (2015), utilizando esgoto tratado na irrigação com a presença de coliformes termotolerantes em três amostras coletadas em diferentes dias, podendo contaminar o solo, água, agricultores e consumidores quando usados sem controle. Por fim, ressalta-se que em estudos realizados Taylor et al. (1995) mostraram que, as interações entre fatores físicos, químicos e biológicos foram responsáveis por 90% dos entupimentos dos gotejadores do sistema de irrigação estudado, demonstrando a importância de analisar os componentes presentes na água de irrigação.

## **Conclusão**

Concluiu-se que a água de abastecimento urbano foi classificada com baixo risco de entupimento físico, químico e biológico de emissores na irrigação localizada. Todavia, a água residuária de esgoto doméstico antes e após filtragem foi classificada com risco variando de “Moderado” a “Severo”, destacando os altos teores dos parâmetros de pH, ferro total, alcalinidade dureza total, amônia e a presença de microrganismos do tipo Coliformes totais e *Escherichia Coli*.

## **Referências**

- ALMEIDA, O. A. de. Entupimento de emissores em irrigação localizada. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2009. 61p.
- ALMEIDA, O. A. Qualidade da água de irrigação. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010.
- ANDRADE, E. M. G.; SILVA, S. S.; LIMA, G. S. de; SOARES, L. A. dos A.; SILVA, A. A. R.; LACERDA, C. N. de. Cultivo inicial de cajueiro anão precoce com água salina e esterco bovino. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.17, n.1, p.10-16, 2022.
- AYERS, R. S. WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p.
- BERNARDINO, L. M. Potencial de reúso de efluentes tratados para irrigação na agricultura periurbana no Semiárido Paraibano. 2022.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, 17/03/05 (2005). Dispõe sobre a classificação dos corpos de águas e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

- CAGEPA. Companhia de água e Esgoto da Paraíba. Dados dos reservatórios do sistema de água de Campina Grande, Pocinhos, Galante-PB, 2009.
- CAMINHA, M. P. Classificação de qualidade da água para irrigação em microbacia hidrográfica em condições semiáridas. 44f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Agrícola e Ambiental). Universidade Federal Rural do Semi-Árido. 2022.
- CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Water quality and distribution uniformity in drip/trickle irrigation systems. *Journal of Agricultural Engineering Research*, v.70, n.4, p.355-365, 1998.
- CAVALCANTE, K. L.; MACIEL, W. M.; MACIEL, H. M.; NOGUEIRA, D. H.; PEREIRA, S. M., TELES, L. P. do. Análise Físico-Químico da Qualidade de Efluentes para Fins de Reuso na Irrigação no Município de Iguatu –CE. *Braz. J. of Develop.*, v.6, n.10, p.81778-81794, 2020.
- DAZHUANG, Y.; ZHIHUI, B.; ROWAN, M.; LIKUN, G.; SHUMEI, R.; PEILING, Y. Biofilm structure and its influence on clogging in drip irrigation emitters distributing reclaimed wastewater. *Journal of Environmental Sciences*, v.21, p.834-841, 2009.
- FERREIRA, D. D. J. L. Controle estatístico de qualidade em sistema de irrigação por gotejamento utilizando efluente de reator anaeróbio. 71f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2015.
- HENDGES, L. T.; ANTES, B. dos S.; TONES, A. R. M. Reuso da água na agricultura: a realidade brasileira e experiências internacionais. *Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia*, v.9, n.23, p.94-109, 2018.
- LEROY, K. A. Reuso de Efluente de Estação de Tratamento de Esgoto Tratado em Filtros Anaeróbios Verticais Aplicado na Alface Irrigada por Gotejamento. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem). Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2022.
- LIMA, M. G. M. D.; APPEL NETO, J. D.; FERREIRA, D. D. J. L.; GOMES, A. H. S.; VASCONCELOS, G. N. Comportamento hidráulico de sistema de irrigação por gotejamento em função da pressão de serviço adotada. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.12, n.1, p.167-171, jan./mar. 2017.
- MARTINS, J. G. Uso planejado de água residuária proveniente de estação de tratamento de esgoto na irrigação em cultura de alface crespa. 45f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2015.
- NAKAYAMA, F. S. Water treatment. In: NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. (ed.). *Trickle irrigation for crop production*. Amsterdam: Elsevier. Cap.3. p.164-187. 1986.
- OLIVEIRA JÚNIOR, R. F. et al. Estatística multivariada aplicada a qualidade da água para irrigação em microbacia perene do semiárido brasileiro. *Revista Caatinga*, v.34, n.3, p 650-658, 2021.
- SALES, J. M. de J.; AGUIAR NETTO, A. de O.; MONTEIRO, A. S. C.; CARVALHO, C. M. de; Variabilidade espaço-temporal da qualidade da água em área de agricultura irrigada. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.14, n.3, p.4071–4085, 2020.

SANTOS, G. D.; SANTOS, J. L. O.; LEITE, O. D. Variação espaço-temporal da qualidade da água nos canais de irrigação do Projeto Formoso em Bom Jesus da Lapa – Bahia. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, v.16, n.3, 2019.

TAYLOR, H. D.; BASTOS, R. K. X.; PEARSON, H. W.; MARA, D. D. Drip irrigation with waste stabilization TESTEZLAF, R. Irrigação: métodos, sistemas e aplicações. Universidade Estadual de Campinas SP. Unicamp/FEAGRI, 2017. 215p.

VALE, H. S. M. et al. Hydraulic Performance of drippers applying sanitary landfill leachate diluted in water. *Revista Caatinga*, v.31, p.987-996, 2018.

## CURRICULUM DOS ORGANIZADORES

**Paulo Roberto Megna Francisco:** Atuou como Pesquisador de Desenvolvimento Científico Regional de Interiorização na Universidade Federal da Paraíba-UFPB-CCA/Areia. Graduado em Engenharia Agrícola pela UFCG. Doutorando em Recursos Naturais (Concentração em Engenharia de Recursos Naturais). Possui Doutorado em Engenharia Agrícola (Concentração em Irrigação e Drenagem) pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG (2013), Mestrado em Agronomia - Manejo de Solo e Água (Concentração - Agricultura Sustentável e Planejamento Ambiental) pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB - Areia (2010) e também Graduado como Tecnólogo Agrícola (Mecanização) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP - Bauru (1990). Tem experiência na Docência na área de Agronomia, com ênfase em Mecanização Agrícola, Máquinas e Implementos Agrícolas e Máquinas Agrozootécnicas. Atua como pesquisador, colaborador e orientador em projetos junto à UFPB Campus de Areia, UFCG - Campus de Campina Grande, Campus de Sumé e Campus Patos. Tem experiência em classificação técnica e mapeamento de solos, aptidão agrícola e pedoclimática, capacidade de uso do solo, geoprocessamento, cartografia, sensoriamento remoto, geoestatística, geração de balanço hídrico e índices climáticos. Prestou consultoria para o INCRA/PB na realização de PDAs. Foi Consultor Ad hoc do CONFEA como organizador do CONTECC. Editor Chefe da Editora Portal Tecnológico-EPTEC. Atualmente colabora como organizador e na comissão científica do CNMA-Poços de Caldas.

**paulomegna@gmail.com**

**Paulo da Costa Medeiros:** Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba - Campus II (1995), mestrado em Pós Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba - Campus II (1997) e doutorado em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande (2011). Atualmente é Associado II da Universidade Federal de Campina Grande. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Engenharia Hidráulica. Atuando principalmente nos seguintes temas: Transformada de Wavelet Contínua, Hidrograma, gestão de recursos hídricos.

**medeirospc@gmail.com**

**Claudiomir da Silva dos Santos:** Técnico em Agropecuária pelo IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes, graduação em Ciências Agrárias pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Biologia pelo UNICLAR e Pedagogia pela UNINTER, Doutorado em Promoção da Saúde pela Universidade de Franca - UNIFRAN, Mestrado em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba, pós-graduado em Sistema de Gestão Ambiental, Educação para o Campo, Educação Ambiental, Auditoria e Perícia Ambiental, Vigilância em Saúde Ambiental. Foi professor de graduação e pós-graduação na UVA e UECE - CE. Atua nas áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais com trabalhos publicados nestas áreas do conhecimento. Foi professor da UNINCOR e FACICA, nos cursos de Agronomia, Gestão ambiental, Biologia e Química. Em 2008 assumiu o cargo de professor do IFSULDEMINAS, Campus Muzambinho em regime DE, atuando nos cursos Técnicos de Agropecuária, Meio Ambiente, Cafeicultura, Curso Superior de Agronomia, Líder do Grupo de Pesquisa Ciências Ambientais do CNPQ. Coordenador do Projeto Rondon IFSULDEMINAS, Campus Muzambinho, atualmente atua como Coordenador do Curso Técnico de Meio Ambiente do IFSULDEMINAS Campus Muzambinho, Membro do Fórum Mineiro de Combate ao Agrotóxico-FMCA, Membro do Comitê de Bacia Hidrográfica Mogi-Pardo CBH GD6, Membro da Comissão Organizadora do Simpósio de Hidrologia Médica, Águas Termiais, Minerais e Naturais de Poços de Caldas, Membro do Comitê Científico da Rede de Pesquisa em Desenvolvimento Resiliente ao Clima RIPEDRC e do Environmental Resilience Research and Science (IJERRS) e Presidente da Comissão Técnica do Congresso Nacional de Meio Ambiente.

**claudiomirsilvasantos@gmail.com**

**Fabrcio dos Santos Rita:** Possui formação Técnica em Enfermagem e em Segurança do Trabalho. Bacharel e Licenciado em Enfermagem. Licenciado em Ciências Biológicas. Licenciado em Pedagogia. Graduando em Jornalismo. Especialista em Enfermagem do Trabalho (UNIUBE), Educação ambiental (UFLA), Gestão Ambiental (CLARENTIANO), Gestão Escolar e Coordenação Pedagógica (UNIFAVENI). Mestre em Biotecnologia aplicada à Saúde (UNAERP). Doutor em Promoção de Saúde pela UNIFRAN (Universidade de Franca). Presidente da Comissão Organizadora do Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas e do Membro da Comissão Técnico Científica do Congresso de Educação de Poços de Caldas. Atua como docente no IFSULDEMINAS/Campus de Muzambinho desenvolvendo ações profissionais nas temáticas de saúde, segurança e meio ambiente. Entre as metodologias instituídas em sua prática de ensino implementa a ênfase de atividades relacionadas a prevenção de riscos, minimização de patologias ocupacionais, caracterização entre ambiente de trabalho, ecologia e harmonização entre homem e natureza, bem como o uso racional das tecnologias e da saúde laborativa. Busca identificar e estreitar as inter-relações entre as mudanças climáticas e os efeitos sobre a saúde dos trabalhadores. Leciona nos cursos de Enfermagem, Vigilância em Saúde, Urgência e Emergência, Enfermagem do Trabalho, Segurança do Trabalho e Meio Ambiente. Membro do Comitê Científico da Climate Resilient Research Network (RIPEDRC) e Pesquisa e Ciência em Resiliência Ambiental (IJERRS) e Membro do Fórum Mineiro de Combate aos Agrotóxicos (FMCA).

**fabriciosantosrita@gmail.com**

**Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques:** Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Lavras (2007) e mestrado (2011) e doutorado em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas pela Universidade Federal de Lavras (2014). Atua como profissional baseado no ensino e pesquisa na área de recursos hídricos e meio ambiente, saneamento ambiental, qualidade de água, tratamento de efluentes e resíduos sólidos. Projetos em andamento: i) Aspectos Estratégicos da Sustentabilidade; ii) Avaliação da eficiência de banhados naturais e de sistemas construídos no pós - tratamento do chorume; iii) Avaliação e proteção dos recursos hídricos; iv) Fitorremediação; v) Diagnóstico e soluções alternativas de Saneamento e Saúde Ambiental; vi) Tratamento descentralizado de águas residuárias pela associação entre tanque séptico e wetlands; vii) Saúde pública e saneamento ambiental: soluções para o planejamento; viii) Insetos e Bioindicadores de solo e água: levantamento, identificação, flutuação populacional e ambiente SIG; ix) Simulação Hidrológica em pequenas bacias hidrográficas na região do Rio Verde; x) Simulação hidrológica e climática na região sul de Minas Gerais como função do uso do solo e mudanças climáticas. No contexto de ensino: i) Disciplinas Poluição Ambiental; Tratamento de resíduos sólidos, líquidos, gasosos e industriais, saneamento ambiental, para os cursos de engenharia ambiental, Silvicultura para o curso de agronomia da UninCor; ii) Docente integral no Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade em Recursos Hídricos (Saneamento ambiental experimental, Tratamento de efluentes líquidos, Princípios da Modelagem e controle da qualidade da água superficial).

**roeflorestal@hotmail.com**

**Luciano dos Santos Rodrigues:** Possui graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras (1999). Doutorado em Ciência Animal com ênfase em saneamento pela Universidade Federal de Minas Gerais (2008). Pós-doutorado em Controle Ambiental e Saneamento pela Universidade Federal de Minas Gerais. Professor Associado da Universidade Federal de Minas Gerais. Tem experiência na área de engenharia agrícola, ambiental e sanitária, com ênfase em controle ambiental e saneamento, atuando principalmente nas seguintes subáreas: impacto ambiental das atividades agroindustriais, tratamento de águas residuárias e de abastecimento, resíduos sólidos, licenciamento e legislação ambiental.

**luciano.rodrigues@vetufmg.edu.br**

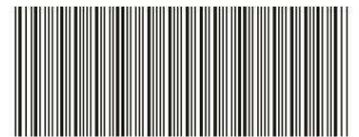
**Hernani Ciro Santana:** Doutor em Ciências Humanas pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Ouro Preto (2013). Especialista em Docência do Ensino Superior pela Universidade Vale do Rio Doce (2018). Gestão Ambiental pela Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde (2010). Professor da Universidade Vale do Rio Doce e Coordenador do Curso de Engenharia Civil e Ambiental. Ministra as disciplinas Saneamento e Meio Ambiente, Gerenciamento de Resíduos Sólidos, Sistema de Gestão Ambiental para os cursos de graduação em Engenharia Civil, Engenharia Civil e Ambiental e Arquitetura e Urbanismo. Coordena o LEAS (Laboratório Cidadão de Ecologia do Adoecimento e Saúde dos Territórios). É professor pesquisador do

*Núcleo de Ciências e Tecnologia da Universidade do Vale do Rio Doce onde integra o corpo docente do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Gestão Integrada do Território (GIT). Integrante do Instituto de Pesquisas em Riscos e Sustentabilidade - IRIS/UFSC. Membro do Comitê de Bacias Hidrográficas do Rio Doce (CBH Doce) e do Rio Suaçui (CBH Suaçui). Tem experiência na área de Ciências Ambientais, com ênfase em gestão ambiental e análise social de riscos.*

***hernani.santana@univale.br***

***Gilcean Silva Alves:*** *Licenciado em Biologia pela Universidade Federal da Paraíba (1993), Especialização em Pesquisa, mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (2002) e doutorado em Agronomia (área de Ecologia e Conservação do Meio Ambiente) pela Universidade Federal da Paraíba (2012). Atualmente atua como Professor efetivo de Ecologia Geral e Microbiologia das Graduações em Biologia e Tecnologia em Gestão Ambiental no IFPB, Professor credenciado ao Programa de Pós Graduação Strincto Sensu (Mestrado) em Educação Profissional e Tecnológica (ProfEPT). Desenvolve pesquisas na área de Ecologia do Semiárido, Microbiologia e Educação Profissional e Tecnológica.*

***gilcean.alves@ifpb.edu.br***



978-65-00-86500-4