

# SINGULAR<sup>®</sup>

REVISTA CIENTÍFICA DO CEULP/ULBRA



# Engenharia, Tecnologia e Gestão

ISSN: 2763-7026



ANO 2, V.1, N° 3, - AGOSTO/DEZEMBRO DE 2021



**CEULP/ULBRA**  
CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

**Singular. Engenharia, Tecnologia e Gestão**  
**ano 2, v.1, n.3, ago./dez. 2021**  
**e-ISSN: 2596-2604**  
**doi: <https://doi.org/10.33911/singular-etg.v1i3>**

**EXPEDIENTE****Centro Universitário Luterano de Palmas****Reitor**

Marcelo Müller

**Direção Acadêmica**

Parcilene Fernandes de Brito

**Singular. Engenharia, Tecnologia e Gestão****Editora Chefe**

Dra. Parcilene Fernandes de Brito

**Editora Assistente**

Me. Kenia Parente Lopes Mendonça

**Leitura de Prova**

Me. Fabiano Fagundes

**Normalização**

Thaís Fernandes

**Comunicação**

Dra. Irenides Teixeira

Me. Luiz Gustavo Santana

**Comissão Editorial**

Me. Adriana Dias

Dr. Fábio Henrique de Melo Ribeiro

Me. Kenia Parente Lopes Mendonça

**Conselho Editorial**

Dr. Adriano dos Guimarães de Carvalho - IFTO

Dra. Alice Rocha de Sousa - IFTO

Dra. Daniella Costa Faria Nepomuceno - UFT

Dr. Giulliano Guimarães Silva - IFTO

Dr. José Alberto Tostes - UNIFAP

Dr. Marcelo Mendes Pedroza - IFTO

Dr. Marcos Paulo Cereto - UFRGS

Dr. Marcus Vinicius Ribeiro e Souza - UFT

Dra. Rejane Freitas Benevides Almeida - IFTO

Dra. Roberta Mara de Oliveira Vergara - UFT

Dr. Sérgio Carlos Bernardo Queiroz - UFT

Dr. Thiago Costa Gonçalves Portelinha - UFT

Dr. Thiago Dias Araújo e Silva - IFTO

**Projeto Gráfico**

Lucas Gabriel Alves da Conceição

**Diagramação**

Douglas Aquino Moreno

Stefan Lucas Aquino Silva

**Apoio Técnico**

Augusto Cavalcanti Cardoso

Douglas Aquino Moreno

Editada em Julho de 2021.

Última edição em Julho de 2021.

Publicada em Julho de 2021.

Nota da Editora: Os autores são responsáveis pela apresentação dos fatos contidos e opiniões expressas nesta obra.

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

S617 Singular. Engenharia, tecnologia e gestão [recurso eletrônico] / Centro Universitário Luterano de Palmas. – Ano 2, vol. 1, n. 3 (ago./dez. 2021)- . Dados eletrônicos. – Palmas, TO: Ceulp/Ulbra, 2021- .

Semestral.

Modo de Acesso: World Wide Web: <<https://ulbrato.br/singular/index.php/SingularSB>>

Título varia: Singular ETG.

Descrição baseada em: Ano 2, vol. 1, n. 3 (ago./dez. 2021).

eISSN: 2596-2604

DOI: 10.33911/singular-etg.v1i3

1. Interdisciplinar. 2. Engenharia civil. 3. Agricultura. 4. Meio ambiente. I. Centro Universitário Luterano de Palmas. II. Ceulp/Ulbra.

CDU: 62/63+658(05)

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Thaís Fernandes, CRB-2/1680.

**SINGULAR. ENGENHARIA, TECNOLOGIA E GESTÃO**  
**CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**  
Avenida Teotônio Segurado 1501 Sul  
Palmas - TO CEP 77.019-900 Caixa Postal nº 85  
Fone: (63) 3219 8125 email: [revista.singular@ceulp.edu.br](mailto:revista.singular@ceulp.edu.br)

## EDITORIAL

A Singular. Engenharia, Tecnologia e Gestão é uma publicação semestral, avaliada por pares que se propõem a contribuir na difusão de debates e ideias no espaço acadêmico e com isso criar uma rede de pesquisadores com perspectivas teóricas e metodológicas diversas, propiciando a troca de informações e debates sobre as principais questões nesses campos.

Boa leitura.

Palmas-TO, dezembro de 2021.

## SUMÁRIO

### **AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DO PÓ DE VIDRO COMO SUBSTITUIÇÃO PARCIAL AO AGREGADO MIÚDO NAS PROPRIEDADES DO CONCRETO AUTO ADENSÁVEL.**

João Pedro Noletto Barbosa, Fábio Henrique de Melo Ribeiro e Roque Santos Coutinho (6 - 11)

### **COMPARATIVO DE CUSTO DE LIGAÇÕES DE ÁGUA PELOS MÉTODOS DESTRUTIVO (MD) E NÃO DESTRUTIVO (MND): ESTUDO PARA A CIDADE DE PALMAS – TO.**

Edilaine Regina Pereira, Aurélio Pessoa Picanço, Dênis Cardoso Parente e Kenia Parente Lopes Mendonça (12 - 16)

### **ESTUDO SOBRE OS IMPACTOS AMBIENTAIS NO SOLO DO CERRADO PROVOCADOS PELA INSERÇÃO DA CULTURA DA SOJA.**

Jacqueline Henrique, Joaquim Jose de Carvalho, José Geraldo Delvaux Silva, José Maria Rodrigues da Luz e José Expedito Cavalcante da Silva (17 - 23)

### **PENSANDO A CIDADE DE ARAGUAÍNA – TO – ENSAIO PROJETUAL DE UM BAIRRO PLANEJADO.**

Mariana Ademar de Alcântara Farias e Lúcio Milhomem Cavalcante Pinto (24 - 31)

### **UTILIZAÇÃO DA EMULSÃO ASFÁLTICA PARA ESTABILIZAÇÃO DE SOLO DA CAMADA DE BASE DE VIA URBANA EM PARAÍSO DO TOCANTINS.**

Geovana Cunha Santos e Fernando Moreno Suarte Junior (32 - 37)

### **UTILIZAÇÃO DE IMAGEAMENTO AÉREO COMO SUPORTE NA ANÁLISE DE CUSTOS DE REDES COLETORAS DE ESGOTO.**

Sergio Carlos Bernardo Queiroz, Dênis Cardoso Parente e Kenia Parente Lopes Mendonça (38 - 42)

# AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DO PÓ DE VIDRO COMO SUBSTITUIÇÃO PARCIAL AO AGREGADO MIÚDO NAS PROPRIEDADES DO CONCRETO AUTO ADENSÁVEL

JOÃO PEDRO NOLETO BARBOSA,  
FÁBIO HENRIQUE DE MELO RIBEIRO,  
ROQUE SANTOS COUTINHO.

• **RESUMO** - No Brasil, mais da metade de todo resíduo de vidro gerado é destinado para aterros sanitários e menos de 15% das cidades da Região Norte possuem programas de coleta seletiva (Associação Brasileira das Indústrias de Vidro, 2013). A construção civil pode contribuir com a destinação desse resíduo o reaproveitando como agregado na confecção de concreto. Este trabalho teve como objetivo principal verificar a influência da substituição parcial do agregado miúdo por rejeito de vidro laminado coletado em vidrarias da cidade de Palmas - TO no concreto auto adensável. Para a dosagem do concreto utilizou-se o método de Tutikian e Dal Molin [23] e os teores de substituição do agregado miúdo por pó de vidro foram 10%, 20% e 40%. Verificou-se o impacto dessa substituição no desempenho do concreto tanto no estado plástico, quanto do estado endurecido. Os resultados da pesquisa se mostraram relevantes, o material fino oriundo da moagem do resíduo de vidro contribuiu para a melhora das propriedades do concreto auto adensável em um teor ótimo de substituição em se manteve resistência do traço referência e melhora na coesão sem perda na trabalhabilidade.

**PALAVRAS-CHAVE** - Concreto Auto Adensável; Pó de Vidro; Sustentabilidade.

## I. INTRODUÇÃO

A modernidade trouxe consigo o êxodo rural e consequentemente a expansão dos centros urbanos, fazendo com que novas tecnologias construtivas fossem desenvolvidas, o que tornou o concreto o material de construção mais utilizado no mundo. Sendo assim, juntamente com crescimento das cidades, cresceu a necessidade de aprimoramento tecnológico do concreto, com a criação de aditivo, adições foi possível se conceber concretos especiais, por exemplo, o concreto auto adensável.

Segundo Gomes e Barros [17], o concreto auto adensável (CAA), é um concreto especial desenvolvido com o objetivo de sanar a deficiência de mão de obra capacitada para a realização de concretagem de peças com elevada taxa de armadura, proporcionar estruturais mais duráveis, com menor tempo de execução e proporcionar assim economia para a obra. Tais benefícios são atribuídos as suas características particulares capacidade de preencher os espaços vazios e envolver as barras de aço e outros obstáculos, exclusivamente através de seu peso próprio, mantendo uma adequada homogeneidade sem a necessidade de qualquer tipo de vibração ou compactação externa. [22].

Associado ao desenvolvimento de novas tecnologias deve estar o desenvolvimento sustentável. O manejo de resíduos

sólidos é um obstáculo a ser vencido pela engenharia. Uma maneira de a construção civil contribuir é com a substituição de agregados naturais por resíduos na produção de concreto. Sendo assim, a substituição do agregado miúdo por pó de vidro pode cooperar com o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável.

## II. REVISÃO DA LITERATURA

### A. A UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS COMENTÍCIOS NA HUMANIDADE

O cimento é o maior produto manufaturado da Terra em massa e é a substância mais utilizada no mundo depois da água. Um composto mineral que reage com a água e quando misturado com agregados minerais forma compostos à base de cimento (concretos e argamassas), que constituem uma parte substancial do ambiente construído. Residências, grandes edifícios, pontes, e toda a infraestrutura urbana só é possível graças a esse material. O concreto e a argamassa permanecem como materiais de construção com baixo custo e baixo consumo de energia. Um mundo mais justo e sustentável exigirá uma expansão substancial do ambiente construído, o que, por sua vez, aumentará a demanda por materiais à base de cimento. Enfrentar esse objetivo de acordo com as práticas normais de negócios envolveria um aumento inadmissível

nas emissões de CO<sub>2</sub> [12].

### **B. IMPACTO DA INDÚSTRIA CIMENTEIRA NO MEIO AMBIENTE**

Em virtude da constante preocupação com a emissão de gases de efeito estufa (GEE) a indústria do cimento tornou-se um alvo na busca de novas fontes de energia para sua produção, assim como adições de subprodutos de outras indústrias em sua composição para que se mitigasse, não somente a extração de matéria prima, mas também sua pegada de carbono e outros GEE. A emissão de GEE em processos industriais, segundo as Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil, representaram 6,90% das emissões em 2016, das quais 24,90% são da indústria cimenteira (BRASIL, 2020).

A estimativa mais recente aponta que de toda emissão antropogênica de CO<sub>2</sub>, 5% advém da indústria do cimento, sendo a segunda maior emissão nas indústrias, depois das usinas elétricas [14]. Segundo Crow [10], 3% dessa emissão são provenientes do crescimento industrial da China e que até 2050 mais de 2 bilhões de toneladas de cimento terão sido produzidas. A pegada de carbono da indústria do cimento é elevada não pela produção em si, mas pelas quantidades que são consumidas anualmente.

Além disso, o cimento não se utiliza sozinho. São fabricados compósitos que empregam o cimento como material aglomerante de partículas sólidas de maior granulometria e inertes (agregados) que são extraídos na maioria das vezes da natureza, através de processos de britagem ou dragados dos leitos dos rios.

Agregados são materiais granulares, de diferentes formas e volumes, geralmente inertes e com dimensões e propriedades compatíveis para utilização na construção civil. Em um concreto, pode chegar a representar 75% de seu volume total, daí a importância de se reduzir seu consumo [18].

Com o crescimento do setor da construção civil das últimas décadas, houve um aumento no consumo e, claro, na extração de agregados naturais. Em algumas regiões, por exemplo, há dificuldade de se encontrar agregados, por conta de limitações ambientais e também geográficas, pois o perímetro urbano das cidades aumenta, limitando os locais de extração, pois é uma indústria que polui também sonoramente - como descritos no Relatório Técnico de número 30 do Ministério de Minas e Energia (2009). Mais ainda, há situações as quais torna-se difícil de se encontrar agregados de boa qualidade para o uso em concretos, ou seja, com características heterogêneas, desde sua forma, composição mineralógica e granulométrica.

A construção civil trata-se também de uma indústria de alta geração de resíduos sólidos. A crescente geração de resíduos é uma consequência do crescimento populacional e a crescente mudança em seu padrão de consumo, este fator somado a falta de interesse e sensibilidade das pessoas no que tange os cuidados com o meio ambiente também influenciam para o crescimento constante da produção de RSU (Resíduos Sólidos Urbanos) [24]. No caso do vidro, só no Brasil

processou-se mais de 28.862.700 m<sup>2</sup> [20]. Fica evidente, portanto, a importância de se encontrar alternativas relevantes para a transformação do resíduo em um subproduto em outras indústrias [11].

### **C. MEDIDAS MITIGADORAS**

Torna-se cada vez mais evidente o emprego de alternativas ao cimento Portland. A indústria já emprega adições minerais oriundas de outras indústrias, que já reduzem o consumo de cimento. Adições tais como, escória de auto forno, pozolanas, filler calcário possuem seus teores descritos na NBR 16697 [3] que apresenta quais os teores máximos e mínimos para cada tipo de cimento, pois essas adições promovem alterações no comportamento do cimento, principalmente na cinética da reação de hidratação, já que o teor de clínquer será menor.

Ao longo dos anos têm-se buscado outras alternativas além das já consagradas pela indústria, ou seja, o emprego de outros resíduos sólidos de diferentes cadeias produtivas como substituição ao clínquer [21].

Lopes e colaboradores [16] citam Gómez-Soberón et al (2018) apontando que o vidro é um material reciclável e com abundância o suficiente para ser utilizado como substituição à materiais de construção e que este, por si só já é um resíduo sólido de grande impacto ambiental, pois não é biodegradável e assim ocupam os aterros sanitários permanentemente. Neste trabalho, ao citar Soliman e Tangit-Hanou, mostram que uma alternativa de reutilização do vidro seria em compósitos à base de cimento Portland, pois sua composição química e fases se assemelham às das adições já tradicionalmente empregadas, o que eles chamam de *supplementary cementitious materials* (SCMs). A utilização de vidro nesses compósitos, podem melhorar a estabilidade química à água desses materiais, promovendo ganhos na durabilidade destes, dependendo, evidentemente, do tamanho da partícula: quanto mais finamente moída, melhores os resultados [16]. O vidro comum triturado é amplamente estudado para utilização no concreto em substituição parcial ao agregado miúdo (areia) e pó de vidro, possibilitando o uso em concretos auto adensáveis [16].

### **D. CONCRETO AUTO ADENSÁVEL**

O concreto auto adensável (CAA) é um concreto especial, não apenas por suas características próprias, mas também por ter sido inicialmente desenvolvido para sanar um dos principais problemas ocorridos durante a concretagem de peças de formas complexas e alta densidade de armaduras: a deficiência na etapa da vibração do concreto, que, após o endurecimento, culmina na formação de nichos e pontos de mais fácil acesso de substâncias deletérias, afetando substancialmente a durabilidade das estruturas [17].

Além disso, o CAA estabelece uma categoria de material cimentício que pode ser moldado e garante o preenchimento das fôrmas de maneira uniforme e com o mínimo de vazios, apenas com seu peso próprio, sem necessidade de quaisquer formas de compactação ou vibração externa [9].

O CAA é constituído de cimento, adições minerais, água e agregados, porém como maior adição de finos e com a utilização de aditivos superplastificantes e, ou modificadores de viscosidade. Quando comparado com CCV, o CAA necessita de uma maior quantidade de finos em sua composição, isso porque aumentando a quantidade de finos aumenta-se a superfície específica e consequentemente a capacidade de absorção de água da mistura. Com isso, tem-se uma redução do volume de agregado graúdo, sendo a argamassa fator determinante das propriedades do CAA no estado fresco [19], [13].

### III. METODOLOGIA

O CAA é constituído de cimento, adições minerais, agregados e água. Além disso, devido ao alto teor de materiais finos, utiliza-se também aditivos superplastificantes e, quando necessário, modificadores de viscosidade.

#### A. CIMENTO

O cimento empregado para a realização dos ensaios laboratoriais e da utilização no traço foi o CP-II F 40 por apresentar apenas a adição de filler calcário, que se trata de uma adição inerte, sendo assim, possibilita uma melhor observação do emprego de outras adições potencialmente reativas.

#### B. ADITIVO

O aditivo adotado para a produção do concreto auto adensável foi um superplastificante de 3º geração, aditivo a base de policarboxilatos, isento de cloretos.

De acordo com o fabricante do material, se utilizado corretamente, fornece ao concreto no estado fresco: Redução acentuada da água de amassamento para uma mesma consistência, aumento da fluidez com manutenção desta por tempo prolongado além do aumento de coesão do concreto, já no estado endurecido, proporciona elevadas resistências mecânicas iniciais e finais, melhora a aderência e textura da superfície do concreto, reduz a permeabilidade, reduz retrações e fissuras de origem plástica, aumenta a durabilidade, prolonga a vida útil das estruturas.

#### C. ADIÇÃO MINERAL

A adição mineral utilizada para garantir melhores características à mistura foi a sílica ativa, no concreto auto adensável traz diversas vantagens, como elevado aumento da coesão, redução acentuada da exsudação e segregação, melhores condições de fluidez em função do formato esférico das partículas.

#### D. AGREGADO GRAÚDO

O agregado graúdo utilizado foi a brita 1 de origem granítica e proveniente da região de Palmas/TO. Seguindo recomendação de Tutikian [22] a dimensão máxima utilizada não ultrapassou 19 mm. Apresentado na tabela 1.

#### E. AGREGADO MIÚDO

Os agregados miúdos foram empregados tanto a areia média, que é proveniente da região de Palmas/TO. Apresentado na tabela 2.

#### F. ÁGUA

A água utilizada na mistura do concreto auto adensável foi proveniente do canteiro de obras da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), Campus Palmas, fornecida pela empresa de abastecimento da cidade.

#### G. PÓ DE VIDRO

O pó de vidro utilizado na pesquisa foi feito de vidro laminado moído no moinho de esferas e passado em sua totalidade na peneira 150 mm a fim de que se obtivesse apenas material fino para verificação do efeito filler e comportamento na coesão do concreto.



Figura 1. Processo de moagem do vidro laminado (AUTOR, 2021).



Figura 2. Vidro triturado (AUTOR, 2021).

Para que fosse possível determinar a viabilidade da substituição do agregado miúdo por pó de vidro, foi dosado um traço base pelo método de Tutikian e Dal Molin [23] de fck 40 MPa e confeccionado corpos de prova a partir deste traço. Em seguida concretos com teores de substituição de 10%, 20% e 40% de areia por pó de vidro foram produzidos e seus comportamentos no estado fresco e endurecido foram avaliados. Apresentado na tabela 3.

**Tabela 1.** Composição granulométrica da brita usada nos traços (AUTOR, 2021).

Composição Granulométrica Agregado Graúdo - Brita						
	1º Amostra		2º Amostra		% Retida	% Retida
Peneiras	Massa Retida (kg)	% Retido	Massa Retida (kg)	% Retido	Média	Acumulado
25	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0	0
19	0,1200	2,40	0,0000	0,00	1,20	1,20
12,5	2,2799	45,63	2,4630	49,27	47,45	48,65
9,5	0,9860	19,70	0,9120	18,24	18,97	67,62
6,3	0,9160	18,33	0,8260	16,52	17,43	85,05
4,8	0,2000	4,00	0,1800	6,96	5,48	90,53
2,36	0,1100	2,20	0,1500	3,60	2,90	93,43
1,16	0,1700	3,40	0,0800	3,00	3,20	96,63
600	0,0950	1,90	0,0400	1,60	1,75	98,38
fundo	0,1200	2,40	4,9990	0,80	1,60	99,98
<b>TOTAL</b>	4,9970	100,00	0,5000	100,00	100,00	
<b>Diâmetro Máximo</b>		19 mm	<b>Módulo de finura</b>			6,82

**Tabela 2.** Composição granulométrica da areia usada nos traços (AUTOR, 2021).

Composição Granulométrica da Areia Natural						
	1º Amostra		2º Amostra		% Retida	% Retida
Peneiras	Massa Retida (kg)	% Retido	Massa Retida (kg)	% Retido	Média	Acumulado
4,8	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0	0
2,4	0,0364	7,28	0,0393	7,86	7,57	7,57
1,2	0,0608	12,16	0,0656	13,11	12,64	20,21
0,6	0,0750	15,00	0,0770	15,39	15,20	35,40
0,3	0,2187	43,75	0,2321	46,39	45,07	80,47
0,15	0,0920	18,40	0,0738	14,75	16,58	97,05
fundo	0,0170	3,40	0,0125	2,50	2,95	100,00
<b>TOTAL</b>	0,4999	100,00	0,5000	100,00	100,00	
<b>Diâmetro Máximo</b>		4,8 mm	<b>Módulo de finura</b>			2,41

**Tabela 3.** Traços unitários para teores de substituição (Autor, 2021).

	Cimento	Areia	Pó de Vidro	Brita	a/c	Sílica	Aditivo
<b>T0%</b>	1	2,71	0	3,04	0,52	12%	0,08%
<b>T10%</b>	1	2,439	0,271	3,04	0,52		
<b>T20%</b>	1	2,168	0,542	3,04	0,52		
<b>T40%</b>	1	1,626	1,084	3,04	0,52		

Foram moldados corpos de prova cilíndricos 100x200 mm para os ensaios de determinação da resistência à compressão. As idades para os ensaios de compressão foram 3, 7, 14 e 28 dias. A cada ensaio foram rompidos 3 corpos de prova a fim de que se obtivesse um resultado fidedigno após tratamento estatístico.

## IV. RESULTADOS

### A. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A tabela 4 apresenta os valores de resistência à compressão dos corpos de prova nas diferentes idades, bem como seu valor médio, desvio padrão e coeficiente de variação.

Nota-se que a substituição não influenciou de maneira

significativa a resistência à compressão do concreto e o ganho de resistência ao longo do tempo se manteve crescente.

### B. ENSAIOS NO ESTADO FRESCO

A norma ABNT NBR 15823-1/2017 classifica o índice de estabilidade visual e também classifica a aplicação do CAA em relação a seu espalhamento (flow test). Além disso, a *READY MIXED CONCRETE ASSOCIATION OF ONTARIO* (RMCAO), 2009 também sugere um índice de estabilidade visual que varia de 1 (muito estável) a 4 (muito instável). Onde são observados a concentração de argamassa, exsudação e pilha de agregados, figura 4.

As figuras abaixo mostram os resultados dos ensaios de

**Tabela 4.** Resultado do ensaio de resistência à compressão (Autor, 2021).

Teor de substituição (%)	Idade	Resistência (Mpa)	Resistência Média (Mpa)	Desvio Padrão	Variância
0	3	29,6   30,2	29,9	0,42	1,42
	7	37,2   35,5	36,4	1,20	3,31
	14	39,1   36,8	38,0	1,63	4,29
	28	39,8   40,4	40,1	0,42	1,06
10	3	28,0   29,4	28,7	0,99	3,45
	7	37,6   39,2	38,4	1,13	2,95
	14	39,1   37,9	38,5	0,85	2,20
	28	40,1   40,7	40,4	0,42	1,05
20	3	21,0   20,9	21,0	0,07	0,34
	7	36,9   40,5	38,7	2,55	6,58
	14	38,5   39,4	39,0	0,64	1,63
	28	40,7   39,8	40,3	0,64	1,58
40	3	28,2   28,1	28,2	0,07	0,25
	7	34,3   31,8	33,1	1,77	5,35
	14	38,7   36,9	37,8	1,27	3,37
	28	39,9   41,4	40,7	1,06	2,61



**Figura 3.** Pó de vidro, sílica, cimento, aditivo e agregados pesados para confecção dos corpos de prova. (AUTOR, 2021).



**Figura 4.** Avaliação visual da estabilidade do concreto autoadensável. (RMCAO,2009).

consistência flow test dos traços de referência, 10%, 20% e 40% de substituição.



**Figura 5.** flow test dos traços referência e traço com 10% de substituição. (AUTOR, 2021).



**Figura 6.** Flow test dos traços com 20% e traço com 40% de substituição. (AUTOR, 2021).

Quando se observa a sequencia de fotos, é possível notar a nítida mudança das propriedades no estado fresco do CAA dosado. Houve gradual melhora na coesão, em detrimento da perda de trabalhabilidade, contudo, nenhum teor de substituição impediu que o concreto deixasse de ser classificado em CAA. A partir do flow test também é possível afirmar que todos os traços podem ser classificados quanto à aplicação como SF1, pois nenhum espalhamento ultrapassou o diâmetro de 650 mm.

## V. CONCLUSÕES

Feita a substituição parcial do agregado miúdo pelo pó de vidro, pode-se notar que no que se refere a desempenho mecânico todos os teores de substituição apresentaram resultados idênticos, alcançando, em média os 40 MPa da dosagem.

Em relação ao desempenho do concreto auto adensável no estado fresco, todos os teores de substituição também mostraram resultados satisfatórios. As análises visuais propostas pela ABNT NBR 15823-1/2017 mostraram que não houve evidência de exsudação, ou ainda segregação. Porém, o traço com teor de substituição de 40% de areia por pó de vidro resultou em um grande aumento na coesão e viscosidade do concreto, fazendo com que sua aplicação possa ser comprometida, mesmo estando dentro do limite de 550 mm, portanto o teor ótimo de substituição é 20%, pois este teor apresentou desempenho mecânico regular, fluidez, coesão e viscosidade satisfatórias, sendo possível a utilização em concretos de diferentes classes de resistência.

## Referências

- [1] ABNT. NM 33: Concreto: Amostragem de concreto fresco. Rio de Janeiro, 1998.
- [2] ABNT. NBR 15823-1: Concreto autoadensável Parte 1: Classificação, controle e recebimento no estado fresco. Rio de Janeiro, 2017. 14 p.
- [3] ABNT. NBR. 16697: Cimento Portland—Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.
- [4] ABNT. NBR 12653: Materiais Pozolânicos. Rio de Janeiro, 1992.
- [5] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI). Advances in concrete technology - proceeding second canmet/ aci international symposium. ACI SP 154-95. Las Vegas, Nevada, USA, 1995.
- [6] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). Standard Specification for Portland Cement. ASTM C150. West Conshohocken, PA, 2012..
- [7] ARAUJO, J. G. Influencia de adições minerais pozolânicas e de finos de pedreiras nas propriedades mecânicas e na micro estrutura de concreto auto adensavel. 2007. 86p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Goiás, 2007.
- [8] BAZUCO, R. S. Utilização de agregados reciclados de concreto para produção de novos concretos. 1999. 128p. Dissertação (pós graduação em Engenharia Civil), Universidade federal de Santa Catarina. 1999.
- [9] COPPOLA, L. Self-compacting concrete. In: Concrete Technology, p. 42-47, 2000.
- [10] CROW, James Mitchell. The concrete conundrum. Chemistry World, v. 5, n. 3, p. 62-66, 2008.
- [11] DA SILVA CAZELLA, Pedro Henrique; DE OLIVEIRA ALBERTINI, Paloma Gazolla. Análise da utilização de cacos de vidro temperado em substituição ao agregado graúdo do concreto. Revista Científica ANAP Brasil, v. 13, n. 29, 2020.
- [12] ENVIRONMENT, U. N. et al. Eco-efficient cements: Potential economically viable solutions for a low-CO2 cement-based materials industry. Cement and Concrete Research, v. 114, p. 2-26, 2018.
- [13] FERNEDA, C. F. Estudo do desenvolvimento do concreto auto adensável com areia artificial em pré-fabricados. 2014. 118p (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2014.
- [14] ISHAK, Siti Aktar; HASHIM, Haslenda. Low carbon measures for cement plant—a review. Journal of Cleaner Production, v. 103, p. 260-274, 2015.
- [15] JOSE O.G. de Farias, Ministério de Minas e Energia- MME Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral-SGM, Agosto de 2009.
- [16] LOPES, Raduan Krause et al. Substituição parcial de cimento Portland por resíduo moído de vidro industrial em argamassas. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, v. 14, n. 2, 2021.
- [17] GOMES, P.C.C.; BARROS, A.R. Métodos de dosagem de concreto auto adensável. 1 ed. São Paulo: PINI, 2009, pg. 165.
- [18] NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. Tecnologia do Concreto. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- [19] NUNES, Sandra C. B. Betão auto compactável: Tecnologia e propriedades. 2001. Dissertação-Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2001.
- [20] O MERCADO VIDREIRO EM NÚMEROS: O Vidro plano. Brasília-DF: [s. n.], 2018- . Anual. Disponível em: <https://abravidro.org.br/punoticias/panorama-abravidro-2019-dados-do-ano-passado-indicam-inicio-de-retomada/>.
- [21] R. B. C. Sales, F. A. Sales, E. P. Figueiredo, W. J. Santos, N. D. S. Mohallem, and M. T. P. Aguilar, "Durability of mortar made with fine glass powdered particles. Hindawi," Adv. Mater. Sci. Eng., vol. 2017, pp. 1–9, 2017.
- [22] TUTIKIAN, B. F. Método para dosagem de concretos auto adensáveis. 2004. 148p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, 2004.
- [23] TUTIKIAN, B.F.; DAL MOLIN, D.C. Concreto Auto adensável. 1 ed. São Paulo: PINI, 2008.
- [24] VALLE, Jair do; BRAZ, Elaine M. Q.; SANTOS, Carlos Lopez dos. Resíduos Sólidos Urbanos, Revista Ceciliana Dez 5(2): 1-4, 2013.



### JOÃO PEDRO NOLETO BARBOSA

Possui graduação em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (2019). Atualmente é professor assistente do Instituto Educacional Santa Catarina - Faculdade Guaraf. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Controle Tecnológico, atuando principalmente nos seguintes temas: resíduos, concreto, sustentabilidade.



### FÁBIO HENRIQUE DE MELO RIBEIRO

possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Potiguar (1998), especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Federal de Goiás (2002), mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Goiás (2001) e doutorado em Ciências do Ambiente pela Universidade Federal do Tocantins (2018). Tem experiência na área de Engenharia Civil e Meio Ambiente, com ênfase em Tecnologia do Concreto, Patologia das Estruturas e Segurança do Trabalho. Atua como professor nos cursos de Engenharia Civil e Segurança do Trabalho.



### ROQUE SANTOS COUTINHO

Possui graduação em Construção de Edifícios pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (2013). Tem experiência na área de Administração.

...

...

## COMPARATIVO DE CUSTO DE LIGAÇÕES DE ÁGUA PELOS MÉTODOS DESTRUTIVO (MD) E NÃO DESTRUTIVO (MND): ESTUDO PARA A CIDADE DE PALMAS – TO

**EDILAINE REGINA PEREIRA,  
AURÉLIO PESSOA PICANÇO,  
DÊNIS CARDOSO PARENTE,  
KENIA PARENTE LOPES MENDONÇA.**

**ABSTRACT** - Contributing to the decision making regarding the methods of execution of engineering services has been the pre-eminent thinking of working professionals. The sanitation works, in particular the installations of potential connections of treated water in the city of Palmas - TO, are the object of study of this research. The works were developed based on the monitoring of the works and the elaboration of budget worksheets with costs related to the conventional method (destructive method) already diffused and to the non-destructive method of implantation of extensions of water connections in the city. It was sought to identify, among the practices adopted for the system of water connections, the services demanded by the methods practiced by the local supply concessionaire, the most relevant technically and financially, as well as the execution and performance conditions of the works. It can be noticed that the costs of the connections are directly related to the length of the branch and to the conditions of pavements and sidewalks, according to data collected on site and plants of networks of supply.

**KEYWORDS** - Connection of water; Destructive method; Non-destructive method.

### I. INTRODUÇÃO

O sistema de abastecimento de água vem se tornando, uma das maiores preocupações dos profissionais atuantes nas áreas de recursos hídricos e saneamento, pois estão ligados ao desenvolvimento e o crescimento da população. A execução de redes, sejam elas de água ou esgoto, geram uma série de transtornos, seja em sua fase de execução ou após a entrega das obras e os problemas tendem a ser mais frequentes e prejudiciais no primeiro caso, haja vista que envolvem inconvenientes, como corte e reposição de pavimentos e passeios. Observa-se, na execução dessas redes, a degradação dos pavimentos, em virtude principalmente das falhas na intervenção e reposição dos trechos abertos [1].

Segundo [2], a implantação das redes e ramais de ligação de água acaba ocorrendo após a execução da pavimentação e dos passeios, ou mesmo as manutenções e substituições de trechos. Com a aberturas de valas uma variedade de serviços deve ser apropriada e medida, gerando assim custos de recuperação, podendo até comprometer sua função estrutural e funcional.

Outro ponto relacionado ao formato da execução dos ramais e redes são as perdas físicas de água. As redes de distribuição apresentam as maiores dificuldades operacionais do sistema de abastecimento, justamente por serem obras

enterradas e estarem espalhadas por grandes áreas urbanas [3].

Associando a necessidade de melhorias como rotas, ruas, edifícios, estradas de ferro, rodovias e assim por diante, torna-se quase impossível ou caro obter acesso as instalações por meio de corte a céu aberto ou para garantir permissão para interromper o fluxo natural do local de trabalho para tais escavações.

Novas tecnologias, como o método não destrutivo de abertura de travessias (MND), têm sido adotadas na execução de trechos de redes, ramais de ligações, substituições e desobstruções de redes. O referido método consiste na execução dos serviços, sem que haja a intervenção em pavimentos e passeios, ou seja, sem corte de asfalto e calçadas e sem abertura de valas [4].

Tal método é de suma importância para instalações industriais sob a superfície, sendo empregado nas distribuições de água, energia e gás, a mesma pode ser guiada desviando de obstáculos com um prévio mapeamento do terreno [5].

Segundo a [6], os métodos de escavação não destrutivo (MND) são divididos em três categorias: reparo e reforma; substituição in loco; e instalações de novas redes.

[7] afirma que centros mais urbanizados já dispõem de muitas empresas especializadas na execução de perfurações

direcionais não destrutivas mais elaboradas visando a diminuição de retrabalhos, conseqüentemente menor custo global de obra se comparado ao método destrutivo com abertura de valas.

Nesse contexto a presente pesquisa buscou o entendimento acerca dos custos para execução de ligações de água tratada pelos métodos destrutivos e não destrutivos na cidade de Palmas – TO, de forma a contribuir com a tomada de decisão na escolha entre os dois métodos.

## II. METODOLOGIA

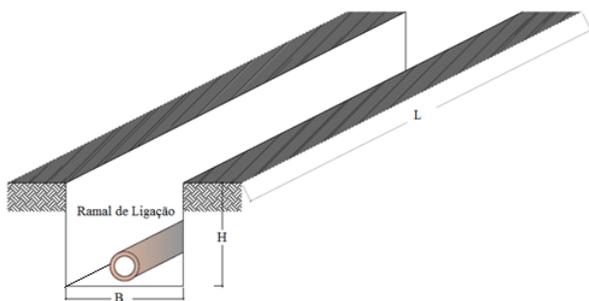
Por meio da planta de cadastro das redes implantadas na cidade e acompanhamento de obras de execução de ramais de ligações, foram levantadas as distâncias entre as redes e os limites onde são instalados os hidrômetros, bem como a apropriação e levantamento do quantitativo de serviços necessários para orçamentação de ambos os métodos.

Por se tratar de uma cidade que se encontra em processo de universalização do sistema de abastecimento de água, a capital Palmas, na região central do estado, foi tomada como unidade amostral para realização desta pesquisa. Possui uma população estimada de 291.855 habitantes que tem os serviços de saneamento prestados por uma concessionária de serviços públicos desde 2009.

Foram levantados custos gerados pela instalação de ramais de ligação de água tratada executados na cidade pelo método destrutivo (MD) e não destrutivo (MND), realizando-se ao fim um comparativo. Durante o período de 1,0 ano, janeiro a dezembro de 2020, foram identificadas e acompanhadas as frentes de serviços em atividade de implantação de um total de 300 ligações ao longo do período.

Os trechos onde foram assentados os ramais foram caracterizados quanto a sua extensão, observando-se junto ao setor de planejamento e obras das empresas responsáveis pelos serviços, a forma de elaboração dos projetos e disposição das redes secundárias, diretamente ligadas aos medidores dos clientes (hidrômetros).

O comprimento do ramal, a profundidade das redes, associados à área de seção transversal das valas, detalhada na figura 1, subsidiaram o levantamento do quantitativo de serviços, como movimentação de terra, áreas de passeios e pavimentos cortados e recompostos.



**Figura 1.** Perfil de vala para instalação de ramais de ligação pelo método destrutivo.

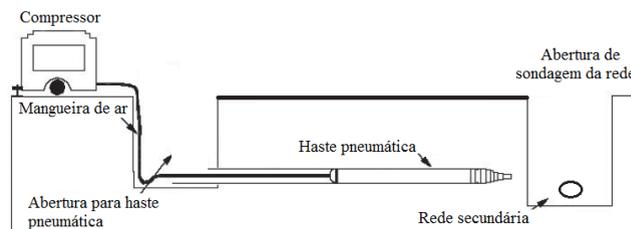
Os referidos quantitativos de serviços, para o método destrutivo, foram levantados da seguinte forma:

- Volume de escavação obtido por meio do produto do comprimento do ramal, pela área da seção da vala ( $B \times H \times L$ );
- Acerto e apiloamento de fundo de vala é resultado da área de fundo, ou seja, comprimento do ramal pela largura da vala ( $B \times L$ );
- Volume de reaterro é a quantidade de material escavado, que volta para vala, após o assentamento da tubulação. Compreende todo o volume escavado, haja vista que o diâmetro do tubo utilizado é muito pequeno (25 mm).

Os quantitativos de serviços, referentes a cortes e recomposições de passeios e pavimentos, também para o método destrutivo, foram levantados, conforme a metodologia a seguir:

- As áreas de pavimento e passeio a serem recortadas foram obtidas, através do produto do comprimento do ramal de ligação, pela largura da vala.

Como o processo de instalação pelo método não destrutivo não prevê a abertura de valas mais longas, há apenas a prévia abertura de uma trincheira, para introdução e direcionamento da haste guia do medidor domiciliar, até o colar de tomada da rede de distribuição, também sondado previamente. A figura 2 traz o detalhamento em corte para o levantamento de quantitativo dos serviços.



**Figura 2.** Perfil de vala para execução pelo método não destrutivo.

## III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Palmas apresenta uma divisão bilateral do seu plano diretor com duas regiões bem definidas, a região norte e a região sul da cidade. Na primeira estão inseridos os órgãos centrais da administração pública da cidade e do estado, áreas mais bem atendidas por serviços públicos e de infraestrutura, enquanto na região sul ainda se tem uma pequena parcela das quadras sem serviços básicos, como pavimentação. Por meio da planta de cadastro das redes secundárias de Palmas pode-se observar que os ramais de ligação da cidade derivam de redes simples, ou seja, apenas uma linha de tubulação atende os dois lados da via, ou de redes duplas, que apresentam duas linhas de tubulação atendendo cada uma um lado da via. A figura 3 mostra o quantitativo de ramais de ligações potenciais, em intervalos de 1,0m, em redes simples e duplas para as duas regiões da cidade.

As duas regiões de Palmas apresentam, além da planta de cadastro com os dados da rede, um banco com a caracteriza-

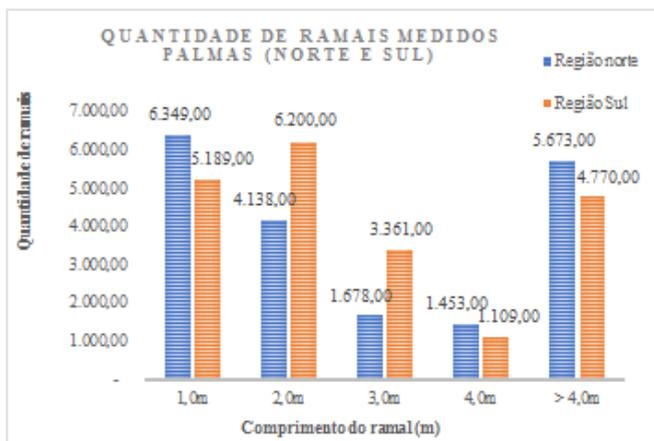


Figura 3. Quantidade de trechos de ramais por faixa de comprimento.

ção da superfície das vias e passeios. Ambos os dados puderam ser constatados durante a elaboração dos orçamentos na fase de execução de algumas obras de instalação dos ramais. A tabela 1 traz essa caracterização e os percentuais referentes a cada tipo de cobertura encontrada.

Tabela 1. Percentual e especificação de revestimentos em vias e passeios de Palmas – TO.

Tipo de Passeio	% Palmas Norte	% Palmas Sul
Concreto Simples	50,00%	60,00%
Material Cerâmico	15,00%	5,00%
Intertravado	15,00%	10,00%
Pedras Ornamentais	10,00%	10,00%
Gramma	10,00%	5,00%
Terreno natural	0,00%	10,00%
<b>Total</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>

As redes secundárias, ou seja, as redes de onde derivam os ramais de ligação da cidade de Palmas totalizam aproximadamente 1.350 km de redes, entre redes simples e duplas. São executadas sob vias pavimentadas com asfalto, predominantemente, e sob passeios revestidos em concreto, material cerâmico, pedras ornamentais, intertravados ou grama, ou em áreas periféricas da cidade, sob superfície em terreno natural, sem revestimento algum.

As duas técnicas para execução dos ramais, destrutiva e não destrutiva, contemplam serviços aqui divididos em dois grupos, os serviços da obra civil e a parte hidráulica, de forma a favorecer a identificação dos itens que fazem a diferenciação dos custos dos métodos estudados.

Há uma predominância do processo destrutivo na execução dos ramais de ligação em Palmas e isso se deve ao fato da cidade apresentar uma grande extensão de rede dupla, executadas nos passeios dos dois lados do arruamento, muito próximas dos medidores, o que inviabiliza a utilização da perfuratriz pneumática, que demanda trechos mais longos para operar.

As valas são locadas e abertas de forma mecânica com o auxílio de retroescavadeiras e as intervenções necessárias em pavimento e passeio são feitas simultaneamente. A figura 4 ilustra o processo de execução dos ramais pelo método destrutivo.



Figura 4. Execução de vala para extensão de ramal pelo método destrutivo.

Por sua vez o processo de execução das ligações pelo método não destrutivo consiste na criação de uma abertura subterrânea pelo uso de uma ferramenta compreendida por um martelo de percussão, normalmente em forma de torpedo, inserido dentro de uma carcaça cilíndrica. O cilindro cria uma passagem subterrânea que liga a rede ao ponto de medição (hidrômetro). A figura 5 ilustra o processo de execução de ramais pelo método não destrutivo.



Figura 5. Método não destrutivo de execução de ramais de ligação.

A movimentação de terra, corte/recomposição de passeio e corte/recomposição de pavimento são itens que antecedem a instalação hidráulica do ramal de ligação e representam percentuais que variam de 37% a 53% do custo final dos ramais de 2 a 4 m. A figura 6 traz os custos da parte hidráulica e civil para instalação de ramais pelo método destrutivo.

Os custos referentes aos mesmos itens da parte civil da obra, movimentação de terra, corte/recomposição de passeio e corte/recomposição de pavimento, para o método não destrutivo, representam um percentual fixo de cerca de 50% do custo global de cada ligação até o comprimento de 4,0m, enquanto o custo referente a parte hidráulica não sofre alteração de uma metodologia para outra. A figura 7 traz os custos da parte hidráulica e civil, para instalação de ramais pelo método não destrutivo.

A tabela 4 mostra os custos unitário dos grupos de serviços (orçamento sintético) por unidade de ligação para o método destrutivo e método não destrutivo, e um breve comparativo entre os custos, diferenciando a parte civil e hidráulica entre ramais de 2 e 4m.

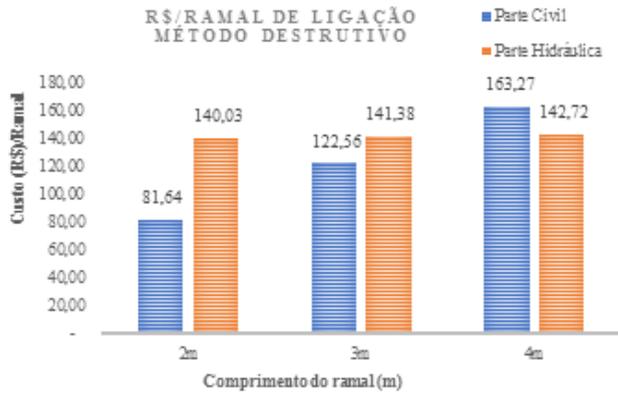


Figura 6. Custo unitário de ramais de ligação por faixa de comprimento executados pelo método destrutivo.

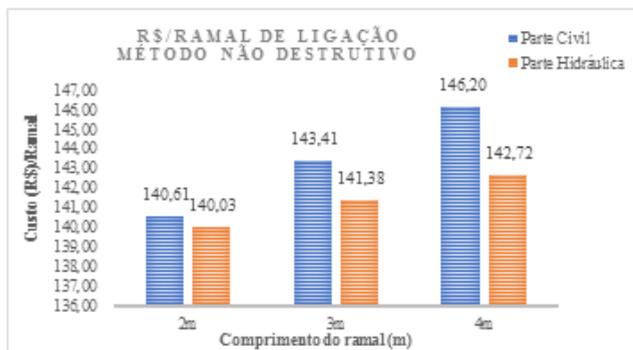


Figura 7. Custo unitário de ramais de ligação executados pelo método destrutivo.

Tabela 2. Custo unitário por grupo de serviços para execução dos ramais pelos dois métodos.

Item	Descrição	Custo Do Item (R\$/Ligação)			
		Ramal (2m)		Ramal (4m)	
1	Ligações Domiciliares	MD	MND	MD	MND
1.1	Serviços Preliminares	3,14	5,41	6,28	5,62
1.2	Movimento De Terra	24,44	63,15	48,89	68,53
1.3	Remoção/ Reposição De Passeio	25,64	34,18	51,27	34,18
1.4	Remoção/ Reposição De Pavimento	28,42	37,87	56,83	37,87
1.5	Material Hidráulico	140,03	140,03	142,72	142,72
	Total:	221,67	280,64	305,99	288,92

Nota-se que os serviços contemplados pela parte civil da obra apresentam maior percentual de diferença entre os custos, ou seja, a abertura de valas, a intervenção em asfalto e passeios calçados são os insumos com maior representati-

vidade financeira no custo global dos ramais.

A execução de ramais pelo método não destrutivo tem como principal característica a redução dos serviços de cortes e recomposição de pavimento e passeio. Em Palmas, o método se mostra insipiente no mercado, ainda em fase de adequação às necessidades dos clientes e da concessionária local.

O que se observa nas figuras 8 e 9 é uma inversão dos custos por unidade de ligação pelo método destrutivo (MD) a partir de um comprimento de 4,0m de ramal, ou seja, as ligações com ramais, que tenham comprimentos iguais ou superiores a quatro metros (4 m), apresentam maior custo de execução.

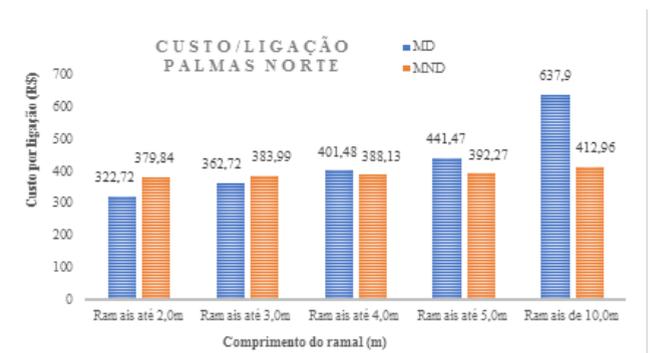


Figura 8. Custo unitário dos ramais de ligação para a região norte de Palmas – TO.

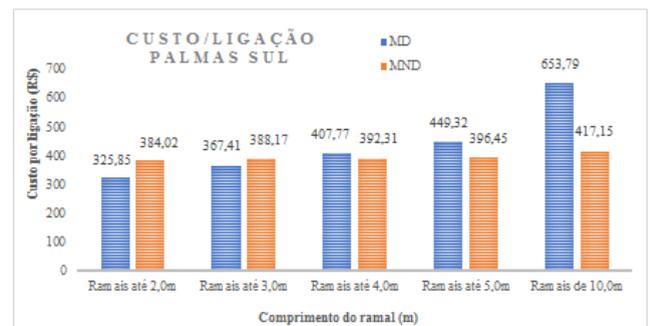
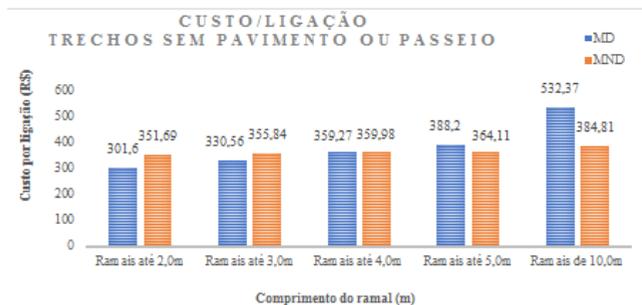


Figura 9. Custo unitário dos ramais de ligação para a região sul de Palmas – TO.

A diminuição no custo de uma ligação executada pelo método não destrutivo pode ser facilmente explicada, observando-se nos orçamentos o quantitativo dos serviços de corte e recomposição de pavimento e passeios. Enquanto o método convencional ou destrutivo consiste na abertura de valas ao longo de todo o comprimento do ramal, o método não destrutivo mantém esse quantitativo constante, ou seja, são feitas aberturas em apenas dois pontos, uma na rede e outra no hidrômetro, o ramal é implantado de forma subterrânea de um ponto ao outro.

Quando não há a necessidade de supressão e recomposição de calçada e asfalto os custos pelo método destrutivo mantém-se abaixo até o comprimento de 4,0m, chegando a valores mais altos em ramais mais longos. A figura 10

mostra resultados com acréscimo de aproximadamente 40% para o ramal de 10m de comprimento executado pelo método destrutivo.



**Figura 10.** Custo unitário de trechos de ramais de ligações por faixa de comprimento em regiões não pavimentadas.

A partir de valores iguais ou maiores que 5,0m os custos com movimentação de terra, ou seja, escavações acertos de fundo de vala e reaterros, adotados na metodologia destrutiva, suplantam o custo de perfuração subterrânea do método não destrutivo.

#### IV. CONCLUSÃO

A utilização de imagem aérea para os fins propostos nesta pesquisa agregou agilidade e exatidão na quantificação de serviços para execução de redes, maximizando as informações por meio de imagens georreferenciadas, que poderão ser consultadas no momento oportuno, possibilitando o esclarecimento de incertezas presentes na fase de orçamentação das obras.

Para a situação descrita, em mesmas condições de profundidade de valas, material hidráulico, diâmetro de tubulação, condições de revestimento de vias e passeios, as redes duplas se mostram como solução mais viável economicamente.

É importante, portanto, ressaltar que situações de vias não pavimentadas e passeios mais caros, com revestimento cerâmico, ladrilho e pedras ornamentais, podem interferir no custo das redes e devem ser analisados de forma específica.

A metodologia mostrou-se promissora, apresentando resultados rápidos e precisos, podendo ser utilizada como subsídio na prática de tomada de decisão para projetos e orçamentação das obras de redes coletoras de esgoto sanitário.

#### Referências

- [1] DEZOTTI, M. C. Análise da utilização de métodos-não destrutivos como alternativa para redução dos custos sociais gerados pela instalação, manutenção e substituição de infraestruturas urbanas subterrâneas. 2008. 231 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18143/tde-03102008-000200/.../diss\_mcd.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2016.
- [2] PARENTE, D. C.; SILVA, R. R. Comparativo financeiro entre o método destrutivo e não destrutivo de execução de ramais de ligação de água. Pg. 164. ed. Palmas - TO: Liberato, 2015.
- [3] ALMEIDA, A.T. Costa, A.P.C.S. (2002). Modelo de Decisão Multicritério para Priorização de Sistemas de Informação Baseado no Método PROMETHEE. Gestão Produção, 9(2), 201-214, Brasil.

- [4] MASSARA, Vanessa Meloni FAGÁ, Murilo Tadeu Werneck UDAETA, Miguel Edgar Morales. The Importance of the nondestructive method (trenchless technology) in Natural Gas Networks Deployment in Consolidated Cities, 2007, Campinas. 4 PD Trabalhos Técnicos. Campinas: Associação Brasileira de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás e Unicamp, 2007.
- [5] ABBATE, V. Revista Técnica. Tecnologia - Método não destrutivo, 2004. Disponível em: <http://technet17.pini.com.br/engenharia-civil/85/artigo285309-1.aspx>. Acesso em: 2018.
- [6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA NÃO DESTRUTIVA. Diretrizes dos métodos não destrutivos. São Paulo, 2007.
- [7] JAMAL. avaliação da precisão da declividade da técnica de perfuração direcional horizontal para instalações de redes de esgoto. Dissertação (mestrado em geotecnia). São Carlos - São Paulo: [s.n.], 2008. 126 p..



#### AURÉLIO PESSOA PICAÑO

Graduado em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Pará (1997). Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (2000). Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (2004). Atualmente é Professor Titular Universidade Federal do Tocantins. Tem experiência na área de Engenharia Sanitária, com ênfase em saneamento básico, resíduos sólidos, tratamento de efluentes e qualidade da água.



#### DÊNIS CARDOSO PARENTE

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal do Tocantins (UFT) e Engenheiro Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA). Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Tocantins (UFT). Atua como professor nos cursos de engenharia civil do CEULP/ULBRA e arquitetura e urbanismo da UFT. Como analista desenvolve

atividades como consultor na área de orçamento de obras de saneamento, construção civil e licenciamento ambiental.



#### KENIA PARENTE LOPES MENDONÇA

Graduada em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (1993). Especialista em Saneamento Ambiental pela Fundação Universidade do Tocantins (2003). Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Tocantins (2019). Sócia-proprietária da empresa SIG-Serviços de Infraestrutura e Geotecnia Ltda. desde 2000. Coordenadora do curso de Engenharia

Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas a partir de janeiro de 2016..

# ESTUDO SOBRE OS IMPACTOS AMBIENTAIS NO SOLO DO CERRADO PROVOCADOS PELA INSERÇÃO DA CULTURA DA SOJA

JACQUELINE HENRIQUE,  
JOAQUIM JOSE DE CARVALHO,  
JOSÉ GERALDO DELVAUX SILVA,  
JOSÉ MARIA RODRIGUES DA LUZ,  
JOSÉ EXPEDITO CAVALCANTE DA SILVA.

**RESUMO** - O Brasil tem um dos maiores *hotposts* de biodiversidade biológica do planeta, presente em seus seis biomas naturais. O Cerrado encontra-se disperso no território brasileiro, principalmente na região Central, é considerado o segundo maior bioma brasileiro em extensão territorial. A substituição da cobertura florestal nativa por cobertura composta por plantas domesticadas pelo homem tem promovido alterações ambientais nesse bioma. Assim, o objetivo desse estudo foi diagnosticar os impactos da inserção da cultura da soja nos atributos microbiológicos, físicos e químicos em amostras de solos do Cerrado. As amostras foram obtidas a partir de uma unidade produtiva localizado no município de Porto Nacional/TO com uma área de reserva ambiental e outra alterada com a introdução da cultura da soja durante o período seco e chuvoso. De modo geral, os solos com tempo de uso associado à mecanização agrícola pesada têm um maior grau de formação de camadas compactadas acima do limite da zona radicular efetiva da cultura da soja. A Unidade formadora de colônias (UFC/mL) foi maior, independente do período de coleta, na reserva ambiental que no talhão de plantio. A diversidade microbiana do solo do cerrado tocantinense foi confirmada pelo perfil do gradiente de desnaturação em gel de eletroforese (DGGE). A inserção da cultura de soja em Tocantins provocou alterações nos atributos do solo analisados nesse estudo e a remoção da vegetação nativa para o plantio tem influência sobre a quantidade de células e a diversidade microbiana do solo. Portanto, esses resultados mostram a importância da manutenção de área de reserva ambiental dentro das unidades de produção agrícola.

**PALAVRAS-CHAVE** - Biomas; Diversidade biológica; Produção agrícola; Solo, Matopiba.

## I. INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado um dos maiores *hotposts* de biodiversidade biológica do planeta, devido principalmente à diversidade de solo, as condições ambientais e a extensão territorial continental [1]. O bioma Cerrado encontra-se disperso no território brasileiro, predominantemente, entre os paralelos, 2° S e 23° S, e meridianos, 45° W e 63° W, apresentando uma área de aproximadamente 204 milhões de hectares, grande parte deste encontra-se no Planalto Central, o que o torna o segundo bioma brasileiro em extensão [2]. Pelo posicionamento geográfico este bioma caracteriza-se de clima tropical. E por apresentar altitude média elevada, tem papel ecológico fundamental nas vazões das principais bacias hidrográficas brasileiras e do continente americano [3].

O nível de impacto da substituição da cobertura florestal nativa por cobertura composta por plantas domesticadas pelo homem está intimamente relacionado ao tipo de manejo do sistema produtivo adotado e das práticas agrícolas [4]. Desde

o final da década dos anos 1990, houve uma intensificação de pesquisas com o intuito de avaliar a qualidade do solo e a mensuração de alterações nos seus atributos físicos, químicos e biológicos que proporcionam uma intensificação de sistemas de uso e manejo, com objetivo de promover a utilização de sistemas de produção sustentáveis [5]. Todavia, nesse mesmo período de tempo, cerca de 2 milhões de km<sup>2</sup> da cobertura natural do Cerrado foram transformados em pastagens plantadas, culturas anuais e outros tipos de uso [6]. Dessa forma, uma acelerada transformação da cobertura vegetal natural em artificial na ordem de 15% projetada para os próximos 10 anos, especialmente, na fronteira agrícola MATOPIBA, compreendendo terras situadas nos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia tem sido observada [7].

Essa acelerada expansão da área plantada com a cultura da soja nesta fronteira agrícola, MATOPIBA, poderá atingir uma área equivale a 8,4 milhões de hectares, que em seu

limite superior poderá alcançar 11,0 milhões de hectares; a produção de soja nos estados que compreendem essa região deve passar de 20,5 milhões de toneladas de grãos em 2016/2017 para 26,5 milhões em 2026/27, em seu limite superior poderá atingir a marca de 33,0 milhões de toneladas de grãos, a depender da disponibilidade de água [7]. Mas, este predomínio do interesse econômico sobre a conservação do meio ambiente provoca como consequência imediata a degradação ambiental, por meio da perda da camada de solo agrícola e a redução da população de diversas espécies de plantas, microrganismos e de animais, além dos efeitos indiretos sobre o clima e a população humana [8].

Conforme Maciel [9], condições climáticas que propicie um acréscimo na temperatura média do ar de no mínimo 2,8 °C, acima do limite máximo ideal, associado a uma redução do volume pluviométrico diário torna, economicamente, inviável o cultivo da soja. O autor concluiu, também, que as épocas de semeadura, para esta cultura, que estão menos propensas a sofrer danos econômicos com as variações climáticas no bioma cerrado tocantinense estão entre 15/11 e 24/12.

O equilíbrio da biodiversidade em um ambiente depende da preservação de diversos fatores, bióticos e abióticos; dentre os quais está o solo, componente crítico da biosfera terrestre, de suma importância não apenas para este equilíbrio, mas também para os sistemas agropastoris [10]. Para o desenvolvimento de atividades agrícolas faz-se necessário a intervenção, parcial ou total, neste equilíbrio com a retirada da cobertura vegetal e movimentação do solo, tendo como consequência o incremento da oxidação biológica do C orgânico a CO<sub>2</sub>, contribuindo para o acréscimo da concentração desse gás na atmosfera, [11]. Nestas atividades, também, ocorre o consumo de combustíveis, de origem fósseis, e agrotóxicos, que apresentam níveis elevados de impactos negativos no meio.

Para a mitigação dos efeitos negativos que as atividades agropastoris provocam no ambiente, faz-se necessário a adoção de técnicas de manejo conservacionistas, como o plantio direto. O Brasil apresenta potencial significativo na drenagem de CO<sub>2</sub> por apresentar uma extensa área propensa ao plantio direto, 12 milhões de hectares, e sistemas de produção com elevada capacidade de acúmulo de resíduos, proporcionadas pelas práticas de manejo: rotação de culturas e cobertura morta. Fazendo-se necessário o desenvolvimento de pesquisas que mensure os ganhos relacionados a utilização destas práticas, que dependem dos parâmetros edafoclimáticos do ambiente local, [12], [13].

Assim, o objetivo desse estudo foi diagnosticar os impactos da inserção da cultura da soja nos atributos biológicos, físicos e químicos em amostras de solos do Cerrado.

## II. METODOLOGIA

Os dados desse artigo foram obtidos de uma tese do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede Bionorte da Universidade Federal do Tocantins que estudou os impactos das atividades antrópicas sobre o bioma

Cerrado após a inserção da cultura da soja da região da MATOPIBA [14]. Os detalhes específicos sobre as regiões geográficas utilizadas no estudo, as estratégias de amostragem e a metodologia de obtenção dos dados não mencionadas nesse artigo podem ser obtidos nessa tese.

### A. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E AMOSTRAGEM

As amostras do solo foram obtidas a partir de uma unidade produtiva localizada no município de Porto Nacional/TO que é uma região geográfica da superfície do bioma Cerrado Tocantinense com uma área de reserva ambiental e outra alterada com a introdução da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Para a composição dessa amostra, formada por 12 estações de coleta (Figura 1), utilizou-se a técnica de amostragem por conglomerados [14].

Em cada estação de coleta foram selecionadas aleatoriamente e equidistantes entre si para obtenção de amostras do solo que estavam dentro da área de plantio de soja e em áreas com cobertura vegetativa natural adjacentes às áreas de plantio, conforme demonstrado na Figura 1.



**Figura 1.** Estações de coleta (pontos em amarelo) de amostras de solo dentro e fora da área de plantio de soja. Essa região de plantio está localizada no município de Porto Nacional/TO. Imagem: Google Earth, acesso: 11/09/2016.

Os dados de posicionamento terrestre, UTM, das estações de coleta nas unidades produtivas selecionadas foram mensuradas através de um receptor-GPSmap 76CSx (fabricante: GARMIN). As coordenadas geográficas das respectivas estações foram georreferenciadas pelo software online Google Earth entre os dias 08 e 11 de setembro de 2016 (Figura 1).

Em cada estação de coleta selecionada, após a mensuração do seu posicionamento terrestre, realizou-se a coleta dos corpos de prova de solo, utilizando um trado holandês. Essas amostras foram obtidas em três profundidades do solo (0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm) com 3 repetições por profundidade no período seco (setembro/2016) e período chuvoso (janeiro/2017). As profundidades do solo foram definidas em função da profundidade efetiva das raízes de soja que

é, em média, de 40 cm e também em função da atividade microbiana do solo.

### B. ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DOS CORPOS DE PROVAS

A capacidade total de água no solo foi estimada a partir de recomendação prática sugerida por Doorenbos e Kassam [15].

Uma série histórica de demanda hídrica da cultura da soja foi utilizada para estimativa das médias mensais das variáveis climatológicas: temperatura média do ar, precipitação e evapotranspiração potencial. A partir destas variáveis e da capacidade total da água do solo desenvolveu-se um balanço hídrico climatológico para a cultura [14]. Os dados climáticos utilizados foram obtidos da estação climática de Palmas (-10°11'27", -48°18'6") por se encontrar mais próximo da área de estudo.

Em cada estação de coleta mensurou-se a resistência do solo à penetração das raízes na profundidade de 0 a 100 cm, com intervalos de 2,5 cm utilizando o equipamento eletrônico penetrômetro (Falker – PLG 1020) com cone de 12,3 mm na extremidade da haste (Figura 2).



**Figura 2.** Mensuração da resistência à penetração das raízes no solo com o equipamento – Falker – PLG 1020.

A quantificação e a diversidade dos microrganismos no solo dos corpos de prova foram determinadas, respectivamente, pela contagem de células microbianas viáveis e pela técnica de gradiente de desnaturação em gel de eletroforese (DGGE) conforme descrito em Henrique [14] e Henrique et. al., [16].

### C. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS CORPOS DE PROVAS

O estudo foi realizado por estimativa utilizando técnicas de amostragens por conglomerados, aleatória simples e sistemática. As estimativas dos atributos físico, químico e biológico do solo foram desenvolvidos a partir de um nível de significância de 5% (p 0,05).

Os gráficos para apresentar as relações entre as variáveis foram confeccionados a partir dos softwares: Excel e Sigma PLOT.

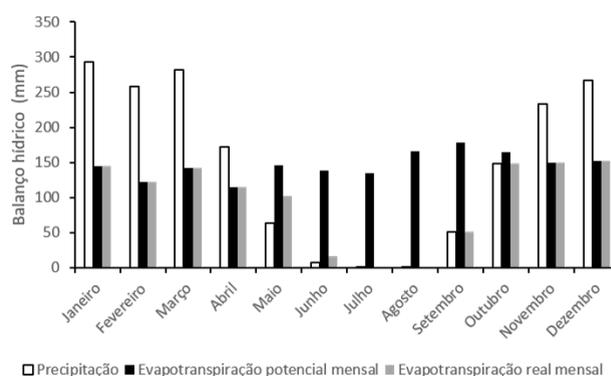
Os perfis de DGGE obtidos foram analisados e comparados no *Software Bionumerics* (Versão 5.1).

### III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A capacidade de água disponível no solo de textura média da região de estudo foi cerca de 1,2 mm/cm de solo. Segundo Bernardo [17], a água disponível total deste solo é de 48 mm. Essa diferença pode ser devido ao baixo volume de precipitações observado nos períodos de coleta das amostras (Figura 3). Nessa figura pode ser observado ainda que houve, entre os meses de maio e outubro, um aumento da evaporação potencial mensal e os valores da precipitação e evapotranspiração real mensal reduziram. Esses resultados podem também ter contribuído para o baixo valor de CAD.

A temperatura ambiente média da região de estudo varia entre 20 e 36 °C dependendo dos meses. Essa temperatura média favorece o desenvolvimento da cultura de soja. Segundo Farias et al. [18], uma correlação negativa entre o desenvolvimento da cultura e a temperatura do ambiente é ruim para produtividade da soja.

A lâmina de precipitação observada ao longo do ciclo de desenvolvimento dessa cultura é, em média, 7 a 8 mm/dia [16]. Apesar, do período chuvoso nessa região ter início em outubro, a inserção da cultura da soja na região de estudo pode contribuir para um aumento da retirada de água dos corpos hídricos, uma vez que a precipitação observada entre maio e outubro não é suficiente para atingir a demanda hídrica da cultura (Figura 3). Assim, para atender a demanda hídrica ideal a atividade de semeadura deve ocorrer no mês de novembro quando a precipitação mensal foi superior a 200 mm (Figura 3). Maciel [9] também sugere que essa atividade ocorre entre novembro e dezembro.



**Figura 3.** Balanço hídrico do município de Porto Nacional/ TO em 2016.

A resistência do solo a penetração das raízes foi diferente entre a área de reserva ambiental e o talhão de produção de soja (Figura 4). Essa diferença é maior no período seco que no chuvoso. Portanto, os resultados apresentados nessa figura mostram que o talhão de plantio pode ter uma maior compactação do solo que a reserva ambiental.

Entretanto, a estimativa da profundidade correspondente ao nível crítico da resistência à penetração das raízes mostra que as porções de solos avaliados com cobertura vegetal natural e com cultivos de soja tendem a apresentar semelhanças nas profundidades do solo que ocorre o limite crítico ao desenvolvimento das plantas da cultura da soja (Tabela 1). De acordo com Henrique [14], pode se predizer que a prática de manejo do solo utilizada nesta unidade produtiva pouco afetou o adensamento do solo; pois, o nível crítico da resistência à penetração das raízes, somente, ocorre a uma profundidade superior a profundidade efetiva das raízes da cultura, que é de 400 mm. Nessa área de cultivo no período de plantio que ocorre no período úmido, a profundidade do solo na resistência à penetração das raízes crítica foi de 611,09 mm (Tabela 1).

**Tabela 1.** Capacidade de penetração das raízes no solo, em mm, em função de sua resistência sob diferentes condições de umidade.

Área de coleta	Resistência do solo (Mpa)			
	Seco		Úmido	
	1,5	2,0	1,5	2,0
	Profundidade do solo (mm)			
Talhão de plantio	58,20	65,34	103,55	611,09
Reserva Ambiental	56,05	69,57	481,59	536,03

Na reserva ambiental durante o período seco, a resistência à penetração das raízes em função do perfil do solo apresentou um comportamento linear até 200 mm de profundidade (Figura 4A). Dessa forma, o solo teve uma baixa resistência à penetração das raízes. Essa mesmo local durante o período chuvoso, a resistência à penetração das raízes foi muito baixa podendo chegar até 500 mm (Figura 4B). Segundo Henrique [14], a área de reserva ambiental tem ocorrência de cascalho, raízes adventícias ao longo do perfil do solo e uma calha natural de escoamento d'água superficial.

No talhão de produção durante o período seco, foi observado uma grande variação na resistência à penetração das raízes em função do perfil do solo com um comportamento quadrático (Figura 4C). No período chuvoso, o talhão de plantio e na reserva ambiente apresentaram um comportamento semelhante na resistência à penetração das raízes ao longo do perfil do solo (Figura 4D). Henrique [14] relatou que na área de cultivo há ocorrência de plantas invasoras e cascalho na superfície e ao longo do perfil do solo.

De modo geral, os solos com tempo de uso associado à mecanização agrícola pesada têm um maior grau de formação de camadas compactadas acima do limite da zona radicular efetiva da cultura da soja [14]. Segundo esse autor, a formação dessas camadas compactas teve com maior intensidade na unidade de plantio de soja com cerca de 10 anos que nas unidades de cultivo do município de Pedro Afonso/TO que tinha somente três anos de uso agrícola. Portanto, a inserção da cultura da soja no Cerrado tocantinense deve ser estudada para avaliar os impactos causados ao solo ao longo do tempo de mecanização agrícola, uma vez que muitas

unidades produtivas do estado apresentam pouco tempo de cultivo dessa cultura.

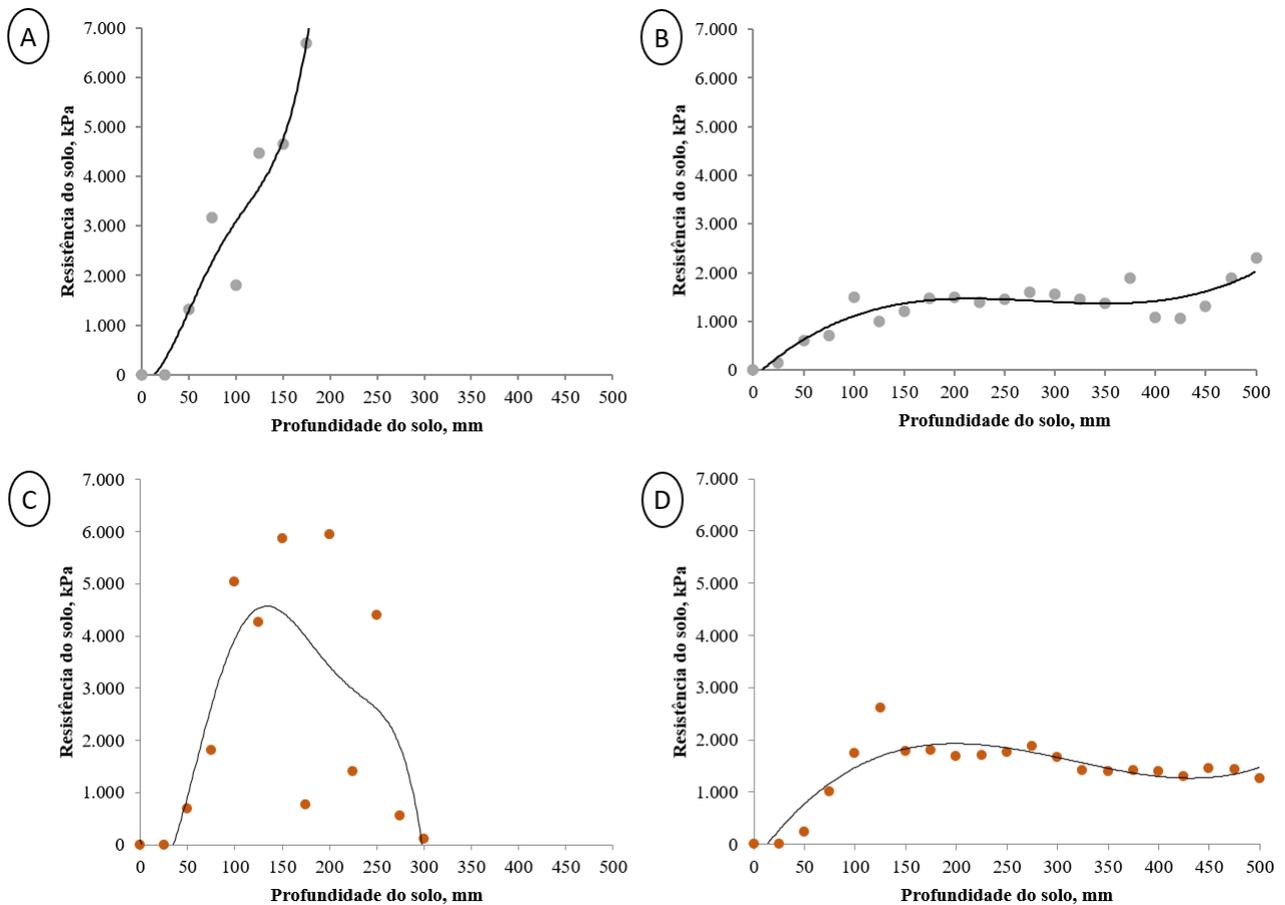
A Unidade formadora de colônias (UFC/mL) foi maior, independente do período de coleta, na reserva ambiental que no talhão de plantio (Figura 5). Essa contagem também reduz em função da profundidade do solo. Esses resultados corroboram com aqueles obtidos por Henrique et al. [16]. Segundo esses autores, a substituição da cobertura vegetal natural do solo por soja pode estar alterando os habitats microbianas nas regiões de Cerrado analisadas.

Na área de reserva ambiental, a UFC de actinomicetos e bactérias foram maiores no período chuvoso que no seco e não foi observada diferença significativa ( $p < 0,05$ ) na UFC dos fungos entre esses os períodos de amostragem (Figura 5 A). Esse mesmo padrão foi observado no talhão de plantio, porém nesse ambiente a variação na UFC de actinomicetos e bactérias foi menor entre o período seco e chuvoso (Figura 5B). Em adição, em ambos os locais de coleta das amostras do solo observou-se uma quantidade alta de UFC/mL de actinomicetos. Esses microrganismos são os principais responsáveis pela fixação do nitrogênio [20]. De acordo com Henrique et al. [16], a preservação desse microrganismo na área de plantio pode reduzir a necessidade de adubação nitrogenada.

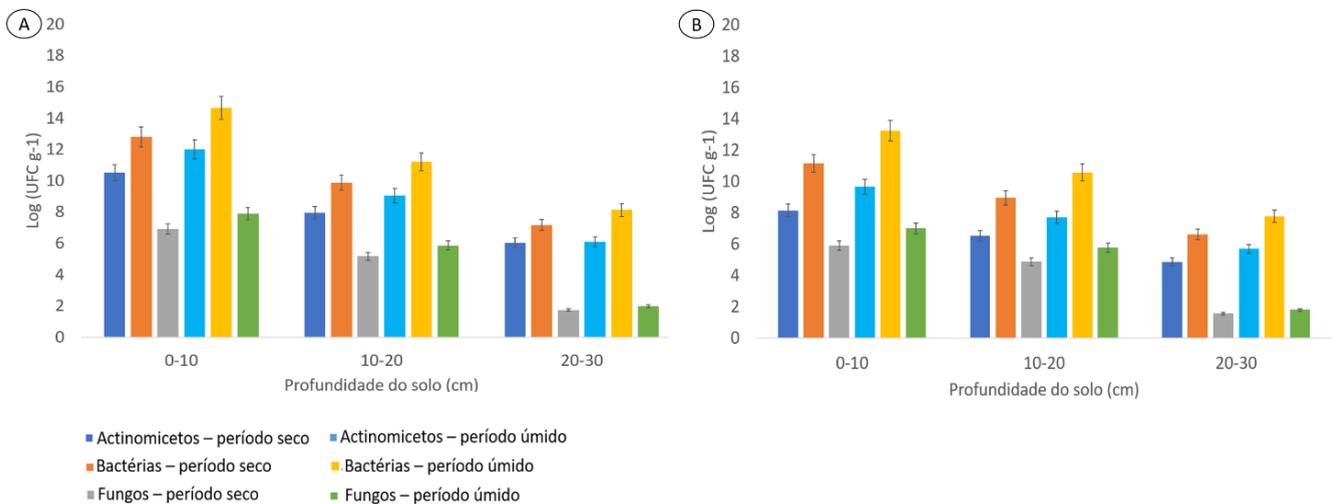
As bactérias totais que incluem também os actinomicetos tem uma gama de diversidade de habitats e nichos ecológicos que contribuem para manutenção do equilíbrio dinâmico dos ciclos biogeoquímicos dos nutrientes do solo [21] [22]. A fixação de nitrogênio, a solubilização de minerais, a degradação de polímeros e a produção de fator de crescimento vegetal são alguns nichos ecológicos das bactérias. Os fungos são os principais microrganismos que estabelecem interações ecológicas simbióticas com as raízes das plantas e contribuem para obtenção de nutrientes do solo e crescimento vegetal [20]. Os fungos também tem uma importância biológica no ciclo biogeoquímico do carbono, do fósforo e do nitrogênio, uma vez que eles são os principais microrganismos que degradam a matéria vegetal morta liberando esses nutrientes no solo [23]. Assim, os resultados desse estudo são de grande relevância para o estabelecimento de área de preservação ambiental e monitoramento das alterações sobre a comunidade microbianas do solo após a inserção de novas culturas vegetais.

A diversidade microbiana do solo do cerrado tocantinense foi confirmada pelo perfil de DGGE (Figura 6). Nessa figura, a diversidade é mostrada pela variação da intensidade das bandas na vertical e a quantidade dos genes 16S rDNA e 18 S rDNA pelo tamanho da linha na horizontal. Com exceção da comunidade de actinomicetos, a diversidade da comunidade microbiana é maior na superfície do solo que nas outras profundidades (Figura 6). Esse resultado pode ser devido à atividade biológica de fixação de nitrogênio dos actinomicetos. O gene *nifH* responsável pela fixação biológica do nitrogênio é mais predominante em actinomicetos que em outros bacterianos em amostras de solo do cerrado [24].

O perfil de DGGE da comunidade de fungos, em ambos os



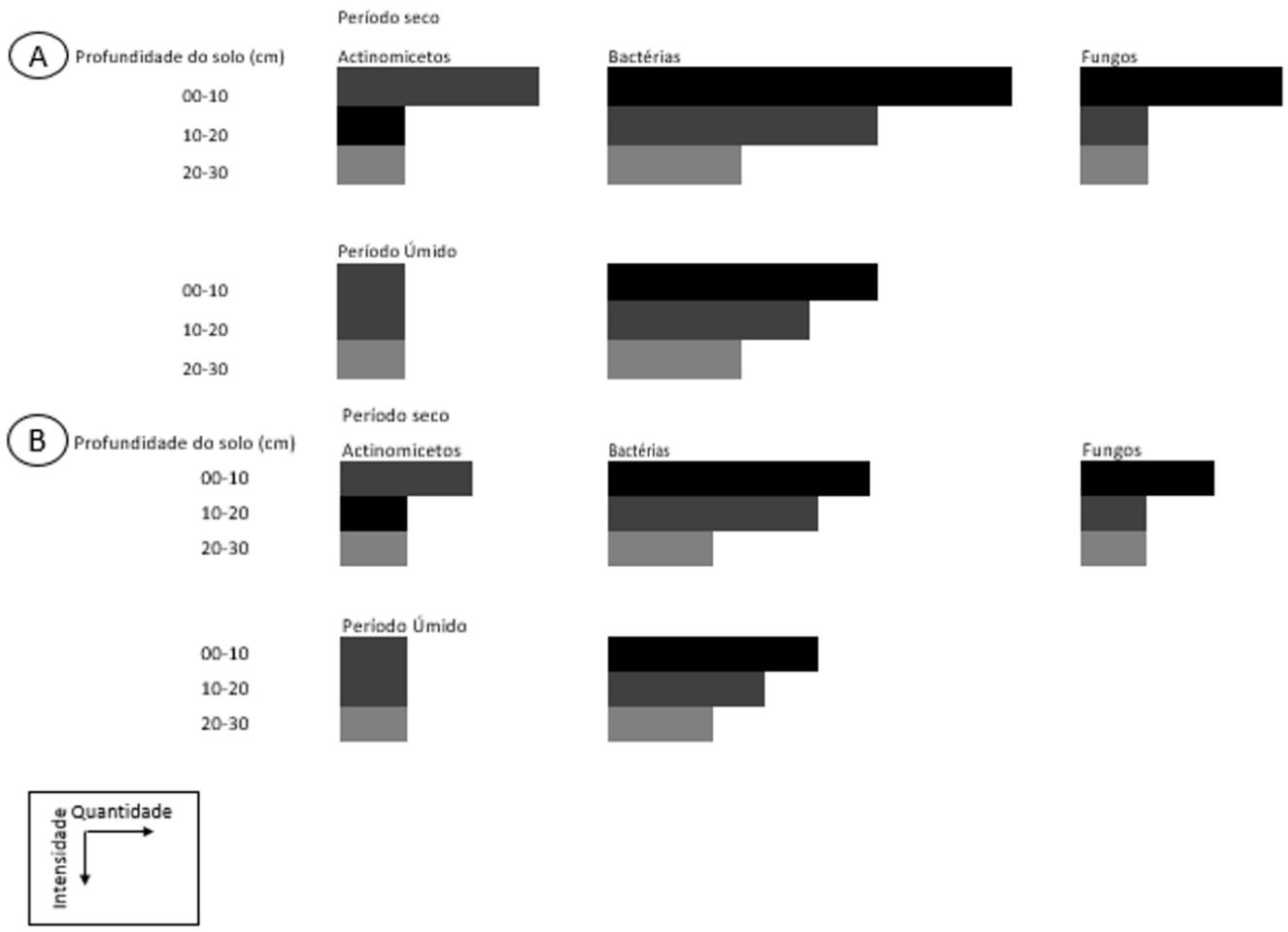
**Figura 4.** Resistência do solo à penetração das raízes em função profundidade do solo em áreas de reserva ambiental (A e B) e talhão de cultivo (C e D) durante o período seco (A e C) e chuvoso (B e D) localizadas em Porto Nacional/TO.



**Figura 5.** Unidade formadora de colônias (UFC/mL), períodos: seco e úmido, em função da profundidade do solo ((0 – 10, 10-20, 20-30 cm) de uma área de reserva ambiental (A) e em um talhão de plantio (B) localizados no município de Porto Nacional/TO.

locais de coletas das amostras, não teve efeito significativo em função da umidade do solo (Figura 6). Entretanto, uma redução da intensidade e quantidade de bandas foi observado

entre as profundidades do solo. Os fungos são seres vivos aeróbios ou anaeróbios facultativos e a limitação de oxigênio devido à infiltração de água e as profundidades do solo pode



**Figura 6.** Esquema de bandas do perfil de gradiente de desnaturação em gel de eletroforese (DGGE) dos genes 16S rDNA e 18S rDNA das amostras do solo coletadas nos períodos seco e úmido em uma área de reserva ambiental (A) e em um talhão de plantio de soja (B) localizados no município de Porto Nacional/TO.

contribuir para uma redução na quantidade células fúngicas [22] [23].

Uma comparação entre unidades de produção de soja localizadas em três distintos pontos do estado de Tocantins mostrou que a unidade de produção de Porto Nacional/TO tem uma maior taxa de endemismo com padrão de bandas dos genes de nifH e dos fungos micorrízicos arbusculares [14] [16]. Esses autores acrescentam que algumas bandas de DGGE presentes no talhão de plantio não foram observadas na área de reserva ambiental e o avanço da área de produção agrícola sobre o solo do Cerrado é preocupante devido a taxa de microrganismos endêmicos observados. Para controlar o problema, seria interessante o desenvolvimento de política pública de preservação ambiental.

#### IV. CONCLUSÕES

A inserção da cultura de soja no estado de Tocantins provoca alterações nos atributos microbiológicos, físicos e químicos do solo do Cerrado. A remoção da vegetação nativa para plantio tem influência sobre a quantidade de UFC/mL e na diversidade microbiana desse solo, o que demonstra a impor-

tância da manutenção de área de reserva ambiental dentro das unidades de produção agrícola.

#### Referências

- [1] DIAS-FILHO, M.B. Diagnóstico das Pastagens no Brasil. Documento 402. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). (2014).
- [2] BROSSARD, M.; BARCELLOS, A. O. Conversão do cerrado em pastagens cultivadas e funcionamento de Latossolos. Cadernos de Ciência Tecnologia, Brasília, v. 22, n. 1, p. 153-168, jan/abr. 2005.
- [3] LIMA, J.E.F.W.; SILVA, E.M. da. Estimativa da contribuição hídrica superficial do cerrado para as grandes regiões hidrográficas brasileiras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17., 2007, São Paulo. Anais. CD-ROM, 2007.
- [4] SILVA, M.B. DA; KLIEMANN, H.J.; SILVEIRA, P.M.; LANNA, A.C. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.42, p.1755-1761, 2007.
- [5] NEVES, C.M.N. DAS; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; CARDOSO, E.L.; MACEDO, R.L.G.; FERREIRA, M.M.; SOUZA, F.S. de. Atributos indicadores da qualidade do solo em sistema agrossilvopastoril no noroeste do Estado de Minas Gerais. Scientia Forestalis, n.74, p.45-53, 2007.
- [6] KLICK, C.A.; MACHADO, R.B. A conservação do cerrado brasileiro. Megadiversidade, Belo Horizonte, v. 1, p. 147-155, 2005.
- [7] MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Projeções do Agronegócio – Brasil 2016/17 a 2026/27. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica>

agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2017-a-2027-versao-preliminar-25-07-17.pdf. Acesso: 13/01/2018.

- [8] OLIMPIO, J.A.; MONTEIRO, L. M. DO S. Impacto ambiental da produção de grãos no cerrado piauiense. 01/12/2008. Disponível em: <http://www.emater.pi.gov.br/artigo.php?id=390>. Acesso: 10/01/2018.
- [9] MACIEL, G.F. Impactos econômico-financeiros das variações climáticas sobre os cultivos de arroz e soja no estado do Tocantins. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, PB. 2010.
- [10] DORAN, J.W. PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W.; Coleman, D.C.; Bezdock, D.F. Stewart, B.A., eds. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, Soil Science Society of America, 1994. p.3-35. (Publication, 35).
- [11] REICOSKY, D.C., FORCELLA, F. Cover crop and soil quality interactions in agroecosystems. J. Soil Water Conserv., 53:224-229, 1998.
- [12] PARFITT, R. L.; THENG, B.K.G.; WHITTON, J.S., SHERPHERD, T.G. Effects of clay minerals and land use on organic matter pools. Geoderma, 75:1-12, 1997.
- [13] ALVAREZ, R., LAVADO, R.S. Climate, organic matter and clay content relationship in the Pampa and Chaco soils, Argentina. Geoderma, 83:127-141, 1998.
- [14] HENRIQUE, J. Impacto de atividades antrópicas, provocadas pela inserção da cultura da soja, sobre a microbiota e atributos químicos de solos do bioma Cerrado no Estado do Tocantins-Brasil. Universidade Federal do Tocantins, 62p., 2019.
- [15] DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. Efeito da água no rendimento das culturas. Tradução de Gheyi, H.R. et al. Campina Grande, UFPB, 1994.
- [16] HENRIQUE, J., Luz, J. M. R., CARVALHO, J.J., SILVA, J. E.C., SILVA, J.G.D., SANTOS, E. A. Anthropic Impacts on Microbiota and Chemical Properties of Cerrado Soil Through Soybean Cultivation. Journal of Agricultural Science, v. 11, p. 274, 2018.
- [17] Bernardo, S; Soares, A. A.; Mantovani, E. C. Manual de irrigação. 8. ed. Viçosa: UFV, 625 p, 2006.
- [18] FARIAS, J.R.B.; NEPUMUCNO, A.L., NEUMAIER, N. Ecofisiologia da soja. Londrina-PR: Embrapa Soja, 2007. 9p. (Circular técnica, 48).
- [19] MONTEIRO, J. E. B. A. (Org.). Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília, DF: INMET, 2009.
- [20] MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: UFLA, 2006.
- [21] MADIGAN, M.T. ... [et al.]. Microbiologia de Brock [recurso eletrônico]; tradução: Maranhão, A. Q. ... [et al.]. – 12. ed. – Porto Alegre: Artmed, 2010.
- [22] TORTORA G.J.; FUNKE, B.R.; CASE, C.L. Microbiologia. 10ª Ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 934p. 2014.
- [23] GUARDA, P. M., LUZ, J. M. R., GUARDA, E. A., SILVA, J.E.C. IN: SILVA, C. A., GUARDA, P.M., MENDONÇA, P.C, NASCIMENTO, F. N., GUEDES, V. R.; SOUZA, M. L. O., SILVA, J. B. A (Org.). Tópicos especiais em biotecnologia e biodiversidade. 1 ed. Curitiba: Editora CRV Ltda, 2019, v. 4, p. 1-178.
- [24] DA SILVA, M.R.S.S. Diversidade de comunidades bacterianas de solo de Cerrado em resposta a diferentes alterações dos ecossistemas. Tese, Universidade de Brasília, 140p. 2012.



**JOAQUIM JOSE DE CARVALHO**

Formação em medicina veterinária pela faculdade anhanguera de Anápolis, pós graduado em bovinocultura de leiteira. Atua como gerente e médico veterinário na agropecuária GL, Luziânia-GO.



**JOSÉ GERALDO DELVAUX SILVA**

Médico veterinário pela Universidade Federal de Uberlândia, pós graduando em Pecuária Leiteira pela Rehagro. Atua como veterinário responsável pela Fazenda Vera Cruz, Cristalina-GO.



**JOSÉ MARIA RODRIGUES DA LUZ**

Médica veterinária graduada pelas FACIPLAC (2011), mestre em Ciências Animais pela Universidade de Brasília (2015) e doutora em Biologia Animal pela Universidade de Brasília (2019). Atua na área de reprodução animal e biotecnologias da reprodução. Docente no Centro Universitário de Desenvolvimento do Centro Oeste - UNIDESC.



**JOSÉ EXPEDITO CAVALCANTE DA SILVA**

Médica veterinária graduada pelas FACIPLAC (2011), mestre em Ciências Animais pela Universidade de Brasília (2015) e doutora em Biologia Animal pela Universidade de Brasília (2019). Atua na área de reprodução animal e biotecnologias da reprodução. Docente no Centro Universitário de Desenvolvimento do Centro Oeste - UNIDESC.



**JACQUELINE HENRIQUE**

Possui graduação em licenciatura plena em física pela Fundação Universitária de Apoio ao Ensino Pesquisa e Extensão (1988), graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal da Paraíba (1993) e mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal da Paraíba (1996). Atualmente é professora do Centro Universitário Luterano de Palmas e foi durante dois anos professora do Instituto de Ensino Superior de Porto Nacional. Tem experiência na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em Engenharia de água e solo, atuando principalmente nos seguintes temas: irrigação, irrigação por sulcos, desempenho, avaliação e manejo de irrigação.

professora do Instituto de Ensino Superior de Porto Nacional. Tem experiência na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em Engenharia de água e solo, atuando principalmente nos seguintes temas: irrigação, irrigação por sulcos, desempenho, avaliação e manejo de irrigação.

## PENSANDO A CIDADE DE ARAGUAÍNA – TO – ENSAIO PROJETUAL DE UM BAIRRO PLANEJADO

MARIANA ADEMAR DE ALCÂNTARA FARIAS,  
LÚCIO MILHOMEM CAVALCANTE PINTO.

RESUMO - O presente trabalho possui como proposta o ensaio da implantação de um bairro planejado para a cidade de Araguaína – TO, de forma que ele sirva de modelo para futuros parcelamentos na cidade, desde a sua consolidação. Para o desenvolvimento do trabalho realizou-se pesquisas exploratórias através de artigos, livros e legislações, com temáticas do planejamento urbano no Brasil e na cidade de Araguaína, e sobre o conceito de bairros planejados e sua aplicabilidade na atualidade. A cidade de Araguaína surgiu proveniente de ocupações irregulares de terras devolutas do Estado, sem a fiscalização da forma que a cidade estava se desenvolvendo e sem planejamento urbano adequado. As atuais problemáticas existentes na cidade são reflexos da forma de ocupação, podendo pontuar exemplos de bairros sem padronização nas calçadas e vias, problemas de mobilidade, deficit elevado de infraestrutura, entre outros. As principais características de um bairro planejado são a diversidade de áreas residenciais, comerciais, institucionais e lazer, com inserção de várias áreas verdes caracterizadas como parques e praças com pista de caminhada, academia ao ar livre, *playgrounds*, entre outros. Para a definição do partido conceitual do trabalho, foram escolhidos cinco pilares com as características do bairro, sendo eles, praticidade, conforto, segurança, lazer e trabalho.

**PALAVRAS-CHAVE** - Problemáticas urbanas; Planejamento urbano; Qualidade de vida; Bairro Planejado.

### I. INTRODUÇÃO

Após o período da industrialização tardia no Brasil, ao longo do século XX, aumentou significativamente o número de moradores que saíram da zona rural e foram morar na zona urbana, em busca de empregos e melhor condição de vida, especialmente na região sudeste do país [2]. Esse êxodo rural expressivo, somado ao grande crescimento da população das cidades, foi um dos motivos para que houvesse a aceleração na infraestrutura urbana, não conseguindo comportar de forma adequada a quantidade de pessoas, apresentando assim, várias problemáticas urbanas. O processo de urbanização do Brasil ocorreu de acordo com a necessidade do enfrentamento das problemáticas urbanas de cada período [2].

Após a criação do Estado do Tocantins em 1988, Araguaína foi considerada a maior cidade durante os seus primeiros anos, sendo cogitado inclusive para ser a capital [3]. A sua localização entre os rios Araguaia e Tocantins, já são fatores que chamam a atenção, além de possuir acesso ferroviário, rodoviário, grandes polos educacionais, centros de saúde, comércio e o seu amplo desenvolvimento faz com que a cidade se torne um importante centro econômico e regional.

A cidade, é popularmente conhecida como a “capital do boi gordo” devido a sua principal atividade econômica ser a

criação, compra e venda do gado, ou “capital econômica do Tocantins” devido o limite do município está localizado na extensão geográfica do MATOPIBA (Região composta por Estados majoritariamente do cerrado, sendo eles: Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia). O município vem se destacando anualmente nos rankings de melhores cidades para fazer negócios, e para moradia [4].

O reflexo do surgimento da cidade através de ocupações irregulares e de terras oriundas do Estado, mostram o atual problema que a cidade enfrenta que é a falta de planejamento urbano.

O planejamento urbano é um processo importante para o desenvolvimento das cidades, visando a melhora das áreas urbanas existentes e das que serão criadas futuramente. Itens como mobilidade urbana, segurança, saúde, infraestrutura e saneamento básico são quesitos essenciais e primordiais para a população, os quais esses itens atualmente são os principais problemas enfrentados pelos brasileiros [5].

Após o conhecimento sobre bairros planejados, visto em obras de Jaime Lerner, projetos do Grupo Cilla e Vokkan Urbanismo, foi possível compreender sobre o método que pode ser implantado nos bairros das cidades para melhorar a sua infraestrutura urbana, proporcionando bem-estar para os moradores que irão residir nos mesmos.

Esse conceito de bairro planejado tem a possibilidade de

proporcionar áreas residenciais, comerciais e institucionais em um único lugar, evitando assim deslocamentos desnecessários até as regiões centrais. Bem-estar e qualidade de vida são itens essenciais para todos, e esses itens são justamente as características de um bairro planejado que também proporcionam áreas de lazer e segurança para os moradores.

## II. REVISÃO DA LITERATURA

### A. PLANEJAMENTO URBANO NO BRASIL

Quando pensamos nas grandes cidades que possuem no país, logo vem a imagem de grandes engarrafamentos, buzinas de carros e motos, altas taxas de criminalidade, mortalidade, a falta de segurança nas ruas, ou podemos simplesmente imaginar as grandes faixas de pedestres do centro urbano com diversas pessoas atravessando, sendo um caos total [6].

[6], afirmam que “o crescimento da população urbana não foi acompanhado no mesmo ritmo por infraestruturas e serviços capazes de atender a esse contingente.”

O zoneamento urbano tem início no Brasil com as cidades do Rio de Janeiro e São Paulo, a partir da separação das vilas operárias e cortiços dos grandes centros urbanos, para que seus moradores fossem fidelizados.

Através do traçado viário de grandes cidades, percebe-se que elas foram planejadas através do método tradicional, sendo estruturada por uma macro malha viária que garante o acesso de toda a cidade através da conexão das principais vias.

Podemos perceber que a evolução do planejamento urbano no Brasil ocorreu de acordo com as necessidades de cada tempo, a fim de sanar as problemáticas existentes.

### B. PLANEJAMENTO URBANO EM ARAGUAÍNA

No ano de 1876, João Batista da Silva e família, oriundos do Estado do Piauí, fixaram sua moradia na margem direita do rio Lontra, o pequeno povoado passou a se chamar de “Livranos Deus”, devido ao constante temor de ataques indígenas e de animais selvagens. Após a chegada de outras famílias, houve aumento dessa população e a mudança de nome, passando a se chamar assim, de povoado Lontra, referência ao rio que foi bastante útil para o desenvolvimento social e econômico da região [5].

Segundo [7], o município de Araguaína fica em uma altitude de 227 metros do nível do mar, e cerca de 368 quilômetros (km) da capital Palmas. Sua área total é de 4.004,646 km<sup>2</sup> e sua população no ano de 2020 estima-se em 183.381 habitantes. Na figura 01 possui a sua localização, destacando os 11 municípios do Estado que a cidade faz limite municipal.

[8], afirma que “foi a partir da construção da rodovia BR-153 conhecida como Belém Brasília que Araguaína passou a ver seu espaço socio territorial passar por grandes transformações”.

[8] afirma que “Araguaína surgiu por processos de ocupação irregular de terras devolutas, no geral, isso é o que se tem de informação quando se busca as diferentes fontes



Figura 1. Localização da Cidade de Araguaína – TO.

de dados que vão desde os pioneiros a pesquisas existentes relacionadas ao crescimento desta cidade”.

Araguaína apresenta um traçado urbano bastante desorganizado sendo reflexo de como foi ocupada desde a sua criação através de invasões de áreas devolutas sem nenhum planejamento urbano adequado [8].

Devido ao crescimento urbano precoce, o Estado não conseguiu fiscalizar de que forma a cidade vinha se desenvolvendo em relação à infraestrutura e a seletividade das obras, onde o poder público passa a atuar a favor de áreas centrais ou nobres da cidade, excluindo assim as populações tidas como, periféricas [3].

Com o sistema viário sem padrão e normas, a cidade possui ruas muito estreitas, sendo inclusive denominado de “rua da tripa” com aproximadamente 4,10, conforme demonstra a Figura 2.



Figura 2. Rua Vereador Falcão Coelho Conhecido Como Rua da Tripa.

As calçadas não possuem padrão e acessibilidade, possuindo com diversas barreiras como muretas, rampas fora da NBR 9050 e servindo até mesmo de garagem para a residência, conforme a Figura 3.

Além dessas problemáticas urbanas, a falta do sistema de drenagem na cidade é perceptível no período chuvoso, provocando alagamentos em vários pontos da cidade, conforme a Figura 4.

[2], descreve que a Lei Federal nº 6.766/79, que dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras providências, foi criada no ano de 1979, mas a lei complementar



Figura 3. Falta de Padronização e Acessibilidade Nas Calçadas.



Figura 4. Forte Chuva Provoca Alagamentos Na Cidade.

que é de responsabilidade do município, em Araguaína só foi sancionada no ano de 2006, através da Lei Municipal nº 2.494/06, criada no ano de 2006.

Com esses dados, podemos considerar a tamanha irregularidade e falta de planejamento urbano que a cidade de Araguaína conviveu durante 26 anos, o período total desde a criação da Lei Federal para a Lei Municipal.

Nos últimos 10 anos podemos perceber a evolução que ocorreu na cidade de Araguaína com ações de políticas públicas na sua infraestrutura urbana, temos como exemplos a criação de parques na cidade, a via lago que aos finais de semana virou atrativo para a população, nova feirinha, obras de recapeamento de asfaltos, além da via norte, que irá cruzar 14 bairros, desafogando assim o trânsito no centro urbano.

Itens como esses citados acima, fazem com que Araguaína seja um atrativo para moradores e investidores de diversas regiões do Estado e do País, que estão em busca de oportunidades e qualidade de vida.

### C. BAIRROS PLANEJADOS

Empreendimentos conhecidos como bairros planejados ou comunidades planejadas, vem se tornando uma grande tendência em diversas cidades brasileiras, principalmente nos municípios de regiões metropolitanas, regiões do litoral do

país e em zonas urbanas distantes da cidade, com a proposta de uma nova maneira de moradia [9].

Os primeiros bairros planejados em São Paulo foram realizados pela Companhia City. O primeiro lançamento da companhia foi o bairro Jardim América em 1915, com 669 lotes, projeto assinado pelo arquiteto e urbanista inglês Barry Parker [10].

O ser humano cada vez mais está em busca de um melhor aproveitamento do tempo, e por isso, tem feito cada vez mais a priorização por realizar todas as atividades próximas, seja ir ao banco, mercado, farmácia, escola, salão de beleza, e de preferência o trabalho. Com essa percepção, a implementação de bairros planejados tem se expandido satisfatoriamente no Brasil [11].

[1], afirma que “por estes motivos, a demanda e valoração de bairros planejados têm crescido com êxito nos últimos anos, permitindo assim, acrescentar valor a desmembramentos de lotes em terrenos de bairros planejados”.

### III. ESTUDOS DE CASO

Dentre os estudos encontrados, foram destacados três estudos que estão mais alinhados com a proposta do trabalho sendo: Cidade dos Lagos Guarapuava - PR; Cidade Pedra Branca, Palhoça - SC e Viva Park Porto Belo, Porto Belo - SC.

#### A. ESTUDO DE CASO 1 - CIDADE DOS LAGOS, GUARAPUAVA PR

O bairro planejado Cidade dos Lagos está localizado na cidade de Guarapuava, no Estado do Paraná. O bairro foi executado pelo Grupo Cilla e está implantando entre a PR 466 e BR 277.

Ele possui aproximadamente 3 milhões de metros quadrados e conta com Prédios Comerciais, Residenciais, Shopping Center, Instituições de Ensino, Hospitais, Centros Especializados, Centro de Eventos, entre outros empreendimentos [12].

De acordo com o projeto do bairro planejado Cidade dos Lagos, podemos perceber que o zoneamento das áreas é bem definido.

#### B. ESTUDO DE CASO 2 - CIDADE PEDRA BRANCA, PALHOÇA SC

Localizado no município de Palhoça – SC, o bairro Cidade Pedra Branca possui cerca de 2300 lotes, com o total de 250 hectares.

No ano de 2020, tinha como meta concluir o núcleo principal do bairro-cidade para 40.000 moradores, gerando 30.000 empregos e 7.000 estudantes [13].

Através do estudo do bairro, é possível analisar a implantação da sustentabilidade e a missão de melhorar a cidade para as pessoas, inspirado no livro de Jan Gehl, criando um estilo de vida através da criação de ciclovias, faixas para deslocamentos a pé e a rua compartilhada.

No bairro possui parques, praças, lagos, empreendimentos residenciais e comerciais que aproveitam a ventilação, iluminação, placas de aquecimento solar, integração com

áreas verdes e edificações com padrões de certificação LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) [14].

### C. ESTUDO DE CASO 3 - VIVA PARK PORTO BELO, PORTO BELO SC

Localizado no município de Porto Belo – SC, o Viva Park Porto Belo, empreendimento da Vokkan Urbanismo, é conhecido como o primeiro Parque do Brasil e terá a assinatura do urbanista Jaime Lerner, considerado o 2º melhor urbanista do mundo e o único brasileiro na lista [15].

O empreendimento está localizado entre o mar e a BR 101. O projeto ocupa uma área total de 450.817,87 m<sup>2</sup>, sendo 205 mil m<sup>2</sup> para espaços residenciais e o parque com 70 mil m<sup>2</sup>, com dois lagos de 8,5 mil m<sup>2</sup> cada. Possui como previsão a implantação de 363 lotes, com dimensões e usos variados com zoneamento bem definido, terá áreas comerciais com a implantação do maior shopping a céu aberto do país, áreas educacionais, áreas de lazer entre outros [16].

## IV. METODOLOGIA

Para a realização do presente trabalho foi necessário fazer pesquisas exploratórias para se familiarizar e obter conhecimento do planejamento urbano no Brasil, na cidade de Araguaína, e de qual forma surgiu os bairros planejados, com sua aplicabilidade. Essa pesquisa foi realizada através de levantamentos, estudos bibliográficos com artigos, livros, legislações pertinentes ao tema, o plano diretor municipal, além de estudar projetos existentes já implantados no Brasil.

A forma da abordagem do problema aconteceu através da pesquisa qualitativa, no qual é necessário o conhecimento sobre a história do surgimento da cidade a ser implantada o projeto. Essa forma de pesquisa possui como característica o estudo dos fenômenos sociais e do comportamento humano, que ocorrem em determinado local e tempo.

Para a contribuição e desenvolvimento da pesquisa, foi necessário o estudo das legislações vigentes do município de Araguaína, entre elas, a Lei nº 9454/06 que dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano do Município de Araguaína, Lei nº 2495/06 que dispõe sobre o Uso e a Ocupação do Solo nas Macrozonas Urbanas do Município de Araguaína e das Outras Providências e a Lei Complementar nº 51/17 que dispõe sobre a Revisão do Plano Diretor do Município de Araguaína e dá outras providências.

Para demais dados necessários para o desenvolvimento da pesquisa, foi consultado o site da prefeitura e das secretarias do município. Para os estudos de caso, foram realizadas pesquisas em artigos, sites profissionais, e vídeos institucionais para compreender o projeto e a aplicabilidade do empreendimento.

## V. DESENVOLVIMENTO PROJETUAL E RESULTADOS

### A. ANÁLISE DE SÍTIO

Para a escolha da gleba para a implantação do bairro planejado na cidade de Araguaína - TO, realizou-se o estudo de viabilidade em 3 áreas que o projeto poderia ser implantado, sendo que deveria se enquadrar em algumas características.

Entre as características analisadas, as principais foram de que forma os moradores fariam o acesso ao bairro, potencial econômico da gleba, juntamente com a área total da gleba que seria ideal para atender o programa de necessidades, topografia, infraestrutura urbana existente, loteamentos vizinhos e vegetação existente.

Seguindo esses pré-requisitos para a análise, houve a seleção de 3 glebas com a possibilidade de implantação do projeto, sendo a gleba 1 localizada na Avenida Filadélfia (TO - 222), a gleba 2 localizada na Avenida Brasília (TO - 222) e a área 3 já microparcelada, conhecida como Bairro Lago Sul.

Após a análise de pré-requisitos da implantação, concluiu-se que a melhor área a ser implantada o projeto seria a área 01.

A gleba escolhida para a realização do projeto possui área total de 592.354,31 m<sup>2</sup>, localizada na Avenida Filadélfia (TO - 222), que será a sua principal via de acesso, conforme demonstra a figura 05. Como a cidade é formada por bairros, havendo a facilidade com o deslocamento, há outras possibilidades de acesso, através da Rua dos Gerânios e da Rua Perimetral A.



Figura 5. Gleba Selecionada Para a Implantação do Projeto.

A TO - 222 possui fluxo de veículos considerável, tendo em vista de várias migrações pendulares que ocorre do município de Babaçulândia para o município de Araguaína, várias chácaras utilizadas pela a população para lazer e moradia, além de ser umas das principais rodovias estaduais que dá acesso ao Estado do Maranhão.

De acordo com [17], a gleba está localizada na Macrozona Urbana 1 (MU1) - denominada sede do município, entre a (ZR2) Zona Residencial 2 e (APA) Área de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína.

Na gleba possui a passagem do Ribeirão Jacuba, conforme demonstra a figura 06. No Art. 12 do Plano Diretor de Araguaína afirma que a largura mínima da APP (Área de Preservação Permanente), do Rio Jacuba, será de 50 metros, desde a borda da calha do leito regular.

De acordo com o Plano Diretor de Araguaína [4], a ZR2 se caracteriza em área de uso predominantemente residencial,



Figura 6. Macrozonas da gleba.

onde há maior incidência de terrenos desocupados, sendo admitidos outros usos compatíveis.

A APA tem seus limites localizados nos municípios de Araguaína, Babaçulândia e Wanderlândia. De acordo com [18], a APA possui como finalidade “proteger as nascentes, os cursos d’água, a fauna, a flora e os recursos naturais com potencial turístico, de forma a garantir o seu aproveitamento equilibrado, sustentável e compatível com a conservação dos ecossistemas locais”.

Localizada ao sudeste do limite urbano da cidade, a gleba fica próxima de bairros bastante populares na cidade como o bairro Jardim das Flores, Bairro Morada do Sol, Conjunto Residencial Patrocínio e Setor Tocantins, conforme demonstrado na Figura 7.



Figura 7. Entorno da Gleba.

Próximo à gleba estão localizados edifícios que servem de referência para a valorização do futuro bairro planejado, sendo eles o Atacadão, Hospital Municipal de Campanha e a Chácara Água Doce.

Considere-se que a localização do bairro planejado trará contrastes em aspectos urbanísticos, pois na sua parte frontal há um condomínio residencial fechado, no qual não há

nenhuma definição referente ao mesmo na lei, e na sua proximidade bairros sem o devido planejamento urbano na sua implantação.

O empreendimento será destinado a classe social de média e alta renda, para que não haja contrastes sociais de acordo com o local que será implantado o projeto. A proposta do bairro planejado é haver uma relação com o entorno, porém seguindo as legislações municipais e federais, promovendo qualidade de vida, bem-estar, lazer, mobilidade, acessibilidade e segurança para os moradores do bairro.

Após a realização da visita técnica in loco, conforme demonstra as figuras 08, foi possível analisar a infraestrutura existente nos bairros lindeiros a gleba, o fluxo de veículos, rota do transporte público, incidência solar e arborização existente.

Nota-se que na gleba há vários maciços arbóreos na região nordeste, próximo a Rua Perimetral A. No município de Araguaína, a vegetação predominante é o Cerrado, sendo que suas principais características são os arbustos e as árvores esparsas, de galhos retorcidos e raízes profundas [19].



Figura 8. Vegetação existente.

[20], afirma que o vento mais frequente da cidade de Araguaína vem do sentido norte e leste, com a porcentagem máxima de 42% e 39% respectivamente, conforme demonstra a figura 09. Durante todo o ano o clima é definido como quente.

De acordo com [21], em Araguaína o sentido que há maior irradiação solar diária média é o sentido norte, totalizando 5,04 kWh/m<sup>2</sup>.

Referente a topografia, nota-se que a gleba possui a sua topografia de forma acentuada, no qual podem variar de 28 a 30 metros de desnível. O desnível natural da gleba está sendo direcionada ao sentido leste, no qual é o sentido natural do caimento das águas das chuvas. Na área próxima ao Ribeirão Jacuba há uma maior declividade em pequenos intervalos entre uma curva de nível e outra, conforme demonstra a Figura 10.

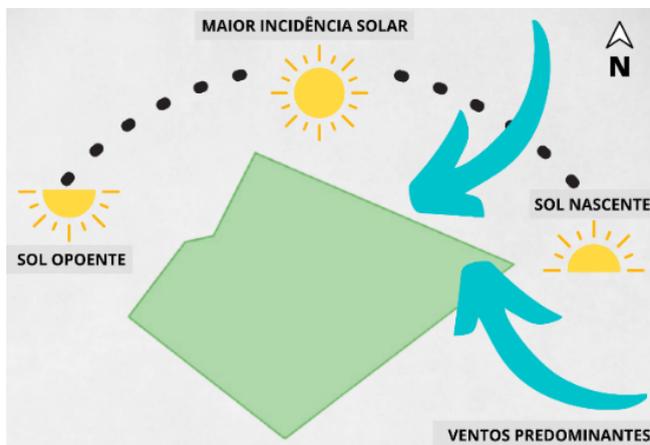


Figura 9. Estudo de Incidência Solar e Ventos Predominantes.

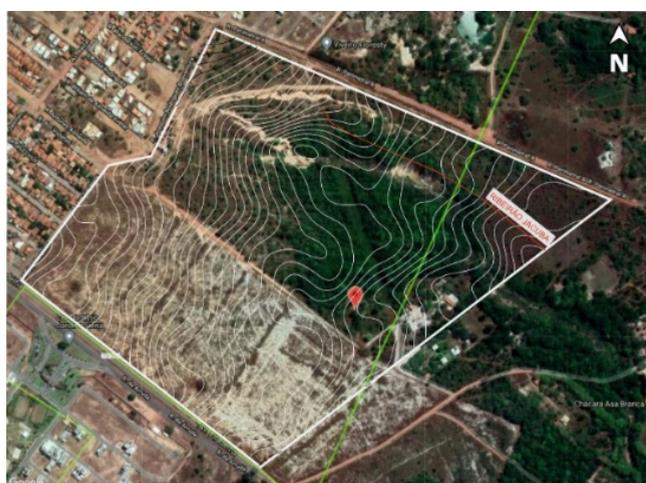


Figura 10. Topografia da Gleba.

de destinação de 5% para espaços livres de uso público.

Para o parcelamento do bairro, foram analisados os fluxos de acordo com cada uso, sendo que o uso habitacional unifamiliar está voltado para o interior do bairro, para que não tenha visibilidade e nível de incomodidade para as vias de grande circulação devido ao comércio, áreas públicas e de lazer.

Para garantir a visibilidade do comércio, a sua implantação se deu ao limite da gleba voltado para a principal via de acesso ao bairro, para que assim a população não tenha que adentrar ao bairro para a realização de atividades, mantendo o fluxo internamente controlado.

Na Figura 11 há o esquema de hierarquização das vias do bairro planejado. Conforme demonstra a figura, as vias que estão de verde são as vias coletoras e as demais, vias locais.



Figura 11. Hierarquização das Vias.

## B. ENSAIO PROJETUAL

Para o ensaio do microparcelamento urbano, necessitou-se o estudo referente às legislações vigentes do município de Araguaína, para a obtenção do conhecimento referente aos índices urbanísticos que precisam ser seguidos.

De acordo com o Art. 28 da Lei nº 2494/06 ao longo da faixa de domínio público da rodovia é obrigatório a inserção de uma faixa non edificanti de 15 metros. Para a composição paisagística do acesso principal ao bairro, foi inserido uma área verde, para que futuramente sirva de área de lazer.

Para a abertura de vias do loteamento, será desmatada apenas a vegetação que se encontra nas vias, sendo que o restante será preservado. No Art. 30 da Lei nº 2494/06, descreve que deve ter arborização nas duas faces da via e uma árvore para cada lote, ou no mínimo, uma árvore a cada 12 metros.

No Art. 44 da Lei complementar nº 051/17 que dispõe sobre a revisão do plano diretor do município de Araguaína e dá outras providências, fica estabelecido o percentual mínimo de 12,5% da área da gleba para equipamentos urbanos e comunitários e espaços livres, de uso público com garantia

No Art. 27º da Lei nº 2494/06 descreve que as vias coletoras devem obter faixas de rolamento de 3 metros, devendo ter duas ou três faixas por sentido com estacionamento e via de pedestre. Nas vias locais devem obter faixa de rolamento de 2,70 metros, devendo ter no mínimo uma por sentido, com via de pedestre, sendo o estacionamento facultativo.

Para a abertura das vias respeitou-se a topografia da gleba, com a estratégia para o escoamento das águas, para que não haja futuros alagamentos. As vias coletoras do bairro estão nas extremidades da gleba para que o acesso seja de forma rápida, e duas vias duplas que serão a principal forma de acesso ao bairro, conforme demonstra na Figura 12.

## VI. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo geral propor um ensaio de um bairro planejado para a cidade de Araguaína, que sirva de modelo e estratégia para amenizar os problemas urbanos já enfrentados desde a consolidação da cidade. Após a realização de estudos e leituras referentes ao tema, percebeu-se que o planejamento urbano tem uma importância significativa para as cidades.



Figura 12. Zoneamento do Bairro Planejado.

Tratando-se de bairro planejado, a realização do projeto urbanístico é de extrema importância para a cidade, pois garante a continuidade do traçado existente, a infraestrutura adequada, segurança, mobilidade, acessibilidade, sustentabilidade, estudos de composição volumétrica, implantação dos lotes a partir das características existentes da gleba, estudo de fluxos, cumprimento das legislações vigentes, entre outras características.

Tomou-se partido das características existentes e do entorno da gleba para a disposição dos terrenos e dos usos, bem como a adequação dos tamanhos dos lotes previstos de acordo com o sistema viário existente, para que assim, não houvesse contrastes urbanísticos na implantação do bairro.

O modelo apresentado tem como proposta um bairro planejado para a cidade de Araguaína, de modo que procura evitar as problemáticas urbanas existentes, citadas ao longo do texto, e dentro dos padrões legais que estão vigentes no município.

## Referências

[1] FRANCISCO, Wagner de Cerqueira e. "Migração interna no Brasil"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/brasil/migracao-interna-no-brasil.htm>. Acesso em 10 mar. 2021..

[2] SOUSA, Marcelo. A expansão territorial urbana de Araguaína: algumas considerações. ENTRE-LUGAR, v. 3, n. 5, p. 37-51, 2012. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/entre-lugar/article/view/1254>. Acesso em: 25 mar. 2021.

[3] PEREIRA, A. J.; DIAS, J. B. A URBANIZAÇÃO DA CIDADE DE ARAGUAÍNA – TO. Revista Tocantinense de Geografia, v. 9, n. 17, p. 134-154, 31 mar. 2020. Disponível em:

<https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/geografia/article/view/7041>. Acesso em: 21 mar. 2021.

[4] PREFEITURA DE ARAGUAÍNA., To.gov.br, disponível em: <https://www.araguaina.to.gov.br/portal/paginas.php?p=not-r=no-ticiasid=1087>. Acesso em: 26 mar. 2021.

[5] SECOVI. A importância de planejar o meio urbano com qualidade, Comurb.com.br, disponível em: <https://comurb.com.br/a-importancia-de-planejar-o-meio-urbano-com-qualidade/>: :text=O%20planejamento%20urbano%20%C3%A9%20um,nele%20existe%20e%20s e%20desenvolver%C3%A3o. Acesso em: 26 mar. 2021.

[6] PACHECO, Priscila; AZEREDO, Laura. A história da urbanização brasileira. WRI Brasil. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/pt/blog/2019/05/historia-da-urbanizacao-brasileira>. Acesso em: 23 mar. 2021.

[7] IBGE. Ibge.gov.br. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/araguaina/panorama>. Acesso em: 03 abr. 2021.

[8] SANTOS, Adriana. A expansão territorial urbana da cidade de Araguaína-TO no sentido leste/oeste. [s.l.]: , [s.d.]. Disponível em: [http://www.cbg2014.agb.org.br/resources/anais/1/1406917838\\_A\\_RQUIVO\\_Artigo\\_CompletoCBG\\_AdrianaMoreira.pdf](http://www.cbg2014.agb.org.br/resources/anais/1/1406917838_A_RQUIVO_Artigo_CompletoCBG_AdrianaMoreira.pdf). Acesso em: 25 mar. 2021.

[9] BORBA, Ana Clara. Admirável bairro planejado: indicadores de qualidade bioclimática para loteamentos. Ufpe.br, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/14990>. Acesso em: 28 mar. 2021.

[10] JANJÁCOMO, MARIANA. Em SP, Jardim América e Pacaembu nasceram como bairros planejados. Sobretudo Folha, 11 nov. 2018. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/sobretudo/morar/2018/11/1984226-regioes-tradicionais-de-sao-paulo-nasceram-como-bairros-planejados.shtml>. Acesso em: 07 abr. 2021.

[11] MARASCHIN, Michele Kneip. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM BAIRRO PLANEJADO EM SÃO JOSÉ DO NORTE/RS. S. [S.L.], v. Porto Alegre junho 2016. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/148747>. Acesso em: 28 mar. 2021.

[12] LOTEAMENTO - CIDADE DOS LAGOS. Cidadesdoslagos.com. Disponível em: <https://www.cidadesdoslagos.com/loteamento/>. Acesso em: 10 abr. 2021.

[13] SCHERER, Renata. Conhecendo o bairro-cidade pedra branca - Palhoça/SC. Superfluo Necessário. Superfluonecessario.com.br. Disponível em: <https://superfluonecessario.com.br/conhecendo-o-projeto-pedra-branca-palhocapr/>.

[14] PEDRA BRANCA CIDADE CRIATIVA. Cidadespedrabranca.com.br. Disponível em: <https://www.cidadespedrabranca.com.br/um-pouco-de-historia>. Acesso em: 08 abr. 2021.

[15] VIVA PARK PORTO BELO. Vokkan.com.br. Disponível em: <https://www.vokkan.com.br/>. Acesso em: 10 abr. 2021.

[16] SIES ENGENHARIA. Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) loteamento Viva Park. Porto Belo. 2019. Disponível em: [https://static.fecam.net.br/uploads/236/arquivos/1661521\\_8\\_EIV\\_VIV\\_APARK\\_PORTO\\_BELO\\_1.pdf](https://static.fecam.net.br/uploads/236/arquivos/1661521_8_EIV_VIV_APARK_PORTO_BELO_1.pdf). Acesso em: 10 abr. 2021.

[17] PLANO DIRETOR DE ARAGUAÍNA. Lei complementar nº 051, de 02 de out. 2017. Diário Oficial de Araguaína. Araguaína, TO, 02 de out. 2017. Disponível em: [https://leis.araguaina.to.gov.br/Leis/plano\\_diretor2017.pdf](https://leis.araguaina.to.gov.br/Leis/plano_diretor2017.pdf). Acesso em: 20 mai. 2021.

[18] TOCANTINS. Lei nº 1116, de 09 dez. 1999. Diário Oficial do Tocantins. Palmas. TO, 09 dez. 1999. Disponível em: <https://central3.to.gov.br/arquivo/345086/>. Acesso em: 25 mai. 2021.

[19] MENDES, Mauricio Ferreira; SILVA, Gustavo Melo. Análise da dinâmica da cobertura vegetal e uso da terra no município de Araguaína/TO. v. 15 n. 28 (2020): Revista GeoPantanal, n. 28. Disponível em: <https://seer.ufms.br/index.php/revgeo/article/view/11300>. Acesso em: 22 mai. 2021.

[20] CLIMA CARACTERÍSTICO EM ARAGUAÍNA, BRASIL DURANTE O ANO - WEATHER SPARK. Weatherspark.com. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/30128/Climacaracter%C3%ADstico-em-%C3%ADna-Brasil-durante-o-ano>. Acesso em: 05 mai. 2021.

[21] CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica. Cepel.br. Disponível em: [http://www.cresesb.cepel.br/index.php/localidade\\_4777](http://www.cresesb.cepel.br/index.php/localidade_4777). Acesso em: 25 mai. 2021.



**MARIANA ADEMAR DE ALCÂNTARA FARIAS**

Acadêmica do Curso de Arquitetura e Urbanismo (CEULP/ULBRA), Técnica em Informática (IFTO). Autora do Trabalho de Conclusão de Curso II com o tema: Proposta de Bairro Planejado para a Cidade de Araguaína - TO.



**LÚCIO MILHOMEM CAVALCANTE PINTO**

Arquiteto e Urbanista pela Fundação Universidade do Tocantins (2001), mestre (Stricto Sensu) em Desenvolvimento Regional pela Universidade Federal do Tocantins (2012), Pós-graduando (Latu Sensu) em Cidades Inteligentes - Smart Cities (2020-2021). Informática (IFTO).

...

...

# UTILIZAÇÃO DA EMULSÃO ASFÁLTICA PARA ESTABILIZAÇÃO DE SOLO DA CAMADA DE BASE DE VIA URBANA EM PARAÍSO DO TOCANTINS

GEOVANA CUNHA SANTOS,  
FERNANDO MORENO SUARTE JUNIOR.

**ABSTRACT** - Soil stabilization with asphalt emulsion is an alternative used to provide resistance to soils that do not present the desired mechanical behavior for its use. This type of stabilization enables the rationing of resources because it uses local soil, and thus promotes cost reduction in paving works. The main objective of this study is to compare and evaluate the use of different contents of asphalt emulsion, used to stabilize and increase the strength of a soil used as the base of the sidewalk of a low flow road in the city of Paraiso do Tocantins (TO). The soil characterized as clayey pebble was mixed with four different levels of asphalt emulsion type RR-1C, 1%, 3%, 5% and 7%, these were subjected to compaction tests with Modified Proctor and the California Support Index test. From these tests, it could be seen that the main effect caused by the emulsion in the soil studied was the lubrication, which prevented the improvement of mechanical properties, noting that as the content of asphalt emulsion increased, the California Bearing Index decreased, making it impossible to determine an optimum content of the mixture Soil-Emulsion. This is justified by the clay concentration in the soil, which had an aversive response to the test where it was subjected to saturation. However, the statement that stabilization with asphalt emulsion for sidewalk base is inadvisable is still erroneous.

**KEYWORDS** - Soil stabilization; Asphalt Emulsion; Soil-Emulsion.

## I. INTRODUÇÃO

O modal rodoviário é o que mais contribui com a matriz de transportes no Brasil, sendo responsável por cerca de 61% do transporte de cargas e 95% do transporte de passageiros. Porém, somente cerca de 12,4% da malha rodoviária se encontra pavimentada, e destes, 52,4% apresentaram pavimento em condição regular, ruim ou péssima. Com condições ruins de uso, aumenta o tempo das mercadorias na estrada, e consequentemente, eleva também os custos do traslado, encarecendo o valor final do produto, além do alto risco de acidentes ocasionados pela falta de qualidade do pavimento [3].

Diante disso, fica evidente a necessidade de que o número de vias pavimentadas cresça, melhorando a economia do país e as condições de conforto e segurança do usuário, mas muitas vezes o subleito do local não atende as especificações necessárias, fazendo com que seja preciso o uso de novas tecnologias para atender a demanda local, a partir disso, tecnologias como a estabilização dos solos estão sendo cada vez mais estudadas e aprimoradas.

A estabilização dos solos é empregada para alterar qualquer uma de suas propriedades, melhorando seu comportamento e é aplicada quando não há solo de qualidade dis-

ponível no local e quando o transporte desse material de jazidas distantes se torna inviável e pode ser feita a partir da aplicação de cal, material asfáltico, cimento Portland, dentre outros.

A emulsão asfáltica é uma ótima alternativa técnica, de baixo custo e para a preservação dos recursos naturais e do meio ambiente, uma vez que, pode-se fazer o aproveitamento dos materiais do local para a execução a frio da base com resistência estrutural adequada as condições pré-estabelecidas de tráfego. Nas vias de baixo fluxo de veículos, podem simplesmente combinar a técnica de estabilização com um revestimento superficial leve [1].

A estabilização com emulsão asfáltica depende diretamente da granulometria do local e das suas características físico-químicas [1]. Em solos granulares, a emulsão age como aglutinante, dando ao solo coesão e assim, aumentando a sua resistência.

Como a mistura solo-emulsão está cada vez mais ganhando notoriedade na pavimentação, esse trabalho irá analisar e avaliar diferentes teores de emulsão asfáltica misturadas ao solo que servirá de base para o pavimento de uma via urbana de baixo fluxo localizada entre os setores Aeroporto e Nova Esperança em Paraíso do Tocantins, a fim de definir a

melhor concentração da mistura para que o solo seja estabelecido atendendo aos critérios técnicos e econômicos.

## II. METODOLOGIA

Por meio da abordagem qualitativa exploratória, foi possível promover maior proximidade com o assunto estudado, além de assegurar a obtenção de conhecimento aprofundado das práticas adotadas. Adotou-se também a abordagem quantitativa experimental, a fim de definir o material quanto a suas características físicas e mecânicas por meio de ensaios laboratoriais.

A coleta do material foi realizada na Rua 02 que liga o setor Aeroporto ao setor Nova Esperança em Paraíso do Tocantins – TO, este estudo foi realizado para avaliar a possibilidade de implantação de uma base estabilizada com emulsão asfáltica a fim de receber a camada de pavimento flexível. Após a coleta do material, o mesmo foi levado ao laboratório da Usina de asfalto da empresa Vilasa Construtora Ltda., na cidade de Santa Rosa do Tocantins.

O material passou por alguns ensaios a fim de caracterizá-lo física e mecanicamente. O primeiro ensaio realizado foi o de granulometria por peneiramento (Figura 1), que seguiu as recomendações da NBR 7181/2016, e a partir deste, gerou-se o gráfico da curva granulométrica.



Figura 1. Peneiramento grosso. Fonte: Autoria Própria (2021).

Além deste, para a caracterização física do solo, realizou-se ainda a partir das NBRs 6459/2016 (Solo – Determinação

do Limite de Liquidez) e NBR 7180/2016 (Solo – Determinação do Limite de Plasticidade) os ensaios de Limites de consistência, ou Limites de Atterberg. A partir destes, o solo pode ser categorizado de acordo com o método de classificação Transportation Research Board (TRB) (Figura 2).

CLASSIFICAÇÃO GERAL	MATERIAIS GRANULARES 35% (ou menos) passando na peneira Nº 200						MATERIAIS SILTO - ARGILOSOS				
	A - 1		A - 3	A - 2			A - 4	A - 5	A - 6	A - 7	
CLASSIFICAÇÃO EM GRUPOS	A-1-A	A-1-B		A-2-4	A-2-5	A-2-6					A-2-7
Granulometria - % passando na peneira											
Nº 10	50 máx.										
Nº 40	30 máx.	30 máx.	51 min.								
Nº 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 min.	36 min.	36 min.	
Características da fração passando na peneira Nº 40:											
Limite de Liquidez				40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.
Índice de Plasticidade	6 máx.	6 máx.	NP	10 máx.	10 máx.	11 min.	11 min.	10 máx.	10 máx.	11 min.	11 min.*
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Materiais constituintes	Fragmentos de pedras, pedregulho fino e areia			Pedregulho ou areias siltosos ou argilosos			Solos siltosos		Solos argilosos		
Comportamento como subleito	Excelente a bom						Sofriável a mau				

\* O IP do grupo A - 7 - 5 é igual ou menor do que o LL menos 30.

Figura 2. Classificação dos solos - (TRB). Fonte: (DNIT, 2006).

Os ensaios mecânicos realizados foram o de Compactação (NBR 7182/2016 – Solo – Ensaio de compactação), para a determinação do teor ótimo de água e o de Índice de Suporte Califórnia (ISC) (NBR 9895/2017 – Solo – Índice de Suporte Califórnia) para a determinação da resistência do material.

Além destes, foi necessária a caracterização da emulsão asfáltica catiônica de ruptura rápida (RR-1C), esta caracterização foi cedida pela empresa que forneceu o produto para o estudo.

Após a caracterização do solo e da emulsão, realizou-se a mistura nos teores de 1%, 3%, 5% e 7% de emulsão em relação ao peso total da amostra de solo, esta mistura foi realizada seguindo o passo a passo descrito por Miceli Jr. [7] onde a água é o fator que recebe maior atenção. Esta água total da mistura é dividida em alguns teores que foram aplicados em momentos distintos da mistura, são esses:

- Água de dispersão, que é uma parcela de água misturada ao solo antes da aplicação da emulsão;
- Água de diluição, segundo Soliz [9], deve-se considerar a proporção de 1:1, uma parte de emulsão para uma parte de água. Nos estudos em laboratório, a água de diluição contribui facilitando a mistura, pois a emulsão possui baixa viscosidade na massa de solo [7].
- Água de compactação que se refere à água total que deve ser adicionada na massa de solo, ou seja, o teor necessário para alcançar a umidade ótima.

Realizada a mistura solo-emulsão, o material foi submetido novamente aos ensaios de Compactação e Índice de Suporte Califórnia, para a partir desses ensaios, gerar os gráficos de compactação e ISC e tornar possível a comparação da resistência do solo puro e da mistura Solo-emulsão.

### III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Seguindo a metodologia, para a classificação física do solo, realizaram-se ensaios de granulometria por peneiramento, limite de liquidez e limite de plasticidade, seguindo as especificações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). O solo foi passado na peneira nº 10 e pôde-se perceber que cerca de 40% da amostra é caracterizada como fina e 60% caracterizada como de média a grossa. Diante dos dados coletados e da análise dos percentuais de material passantes, tornou-se possível a obtenção da curva granulométrica apresentada na Figura 3.

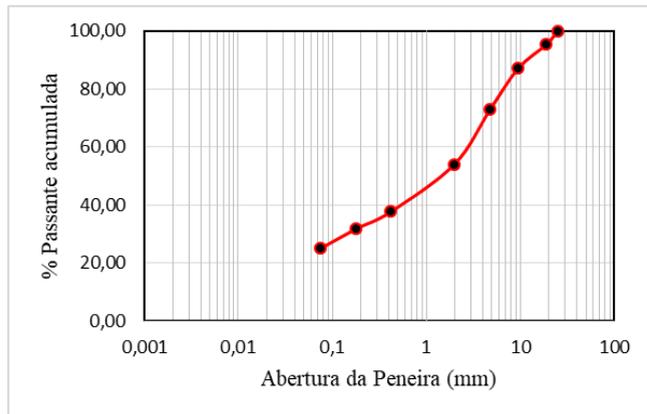


Figura 3. Curva Granulométrica. Fonte: Autoria Própria (2021).

A partir da aparência da curva granulométrica, observa-se que o solo é bem graduado, ou seja, os tamanhos das partículas de solo tendem a ser diferentes. Conforme a composição granulométrica observa-se que o solo contém um grande percentual de pedregulho e material fino, sendo caracterizado como cascalho argiloso com areia [4].

Já os ensaios de limite de consistência permitem explorar a plasticidade dos solos, propriedade essa que os solos argilosos possuem e que determina a sua maior ou menor capacidade de serem moldados sem que ocorra variação de volume, sob certas condições de umidade [4]. Com o cruzamento de dados entre o teor de umidade e o número de golpes obteve-se o Limite de Liquidez do solo, isso é valor de umidade em que o solo passa do estado líquido para o estado plástico.

Com base na análise da imagem, pode-se observar que o Limite de liquidez, aquele em que a amostra se fecha ao fim de 25 golpes, é de 33,7%.

O ensaio de Limite de Plasticidade foi realizado de acordo com o descrito na NBR 7180/2016. A partir dos valores encontrados, foi possível determinar o valor do Limite de Plasticidade que consiste da média dos valores que estão dentro do intervalo determinado pela norma, o valor do Limite de Plasticidade encontrado foi de 21,1%.

Com esses valores, determinou-se o Índice de Plasticidade do solo. O IP encontrado foi de 12,6%, solo com boa plasticidade, ou seja, razoável percentual de argila e silte que são responsáveis pela plasticidade e trabalhabilidade natural do solo.

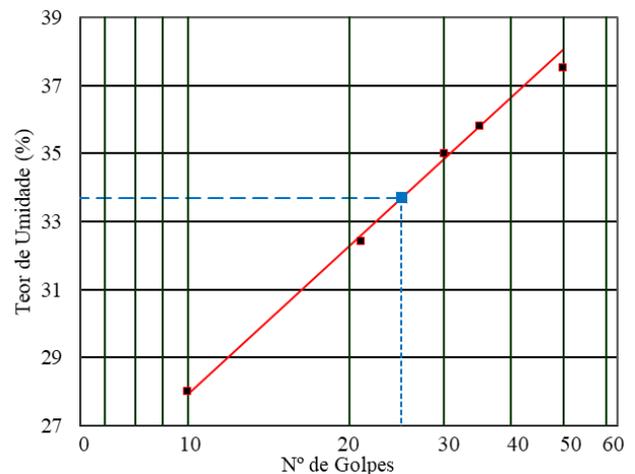


Figura 4. Limite de Liquidez. Fonte: Autoria Própria (2021).

Diante dos dados apresentados, e fazendo uso do quadro de classificação *Transportation Research Board* (TBR) pode-se caracterizar o solo como A-2-6.

Na caracterização mecânica do solo, foi realizado primeiramente o ensaio de Compactação e a partir deste, gerada a curva de compactação.

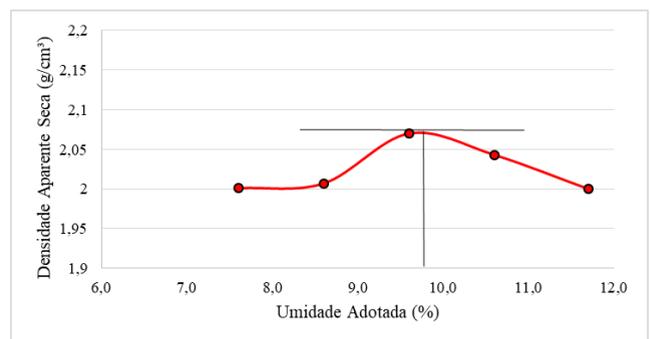


Figura 5. Curva de Compactação. Fonte: Autoria Própria (2021).

Determinou-se a umidade ótima do solo como a umidade para qual os Corpos de Prova apresentaram maior densidade aparente seca, correspondendo a 9,8 % de umidade e densidade aparente seca de 2,072 g/cm<sup>3</sup>.

Dos copos de prova obtidos no ensaio de compactação, o solo com umidade seca, ótima e saturada foram levados ao tanque a fim de se obter a expansão gerada e o Índice de Suporte Califórnia a partir da penetração que o solo permitiu.

O material de base apresentou expansão de 0,03% e Índice de Suporte Califórnia de 82,9% para umidade ótima, portanto corresponde aos padrões exigidos pelo DNIT de ISC 60% e expansão 0,5%.

Após essa etapa, foi realizada a mistura do solo com a emulsão asfáltica. Em seguida, realizados novamente os ensaios de caracterização mecânica.

Observando a resposta das curvas de compactação, nota-se que as adições dos teores de emulsão não alteraram significativamente o valor da umidade ótima comparada a umidade

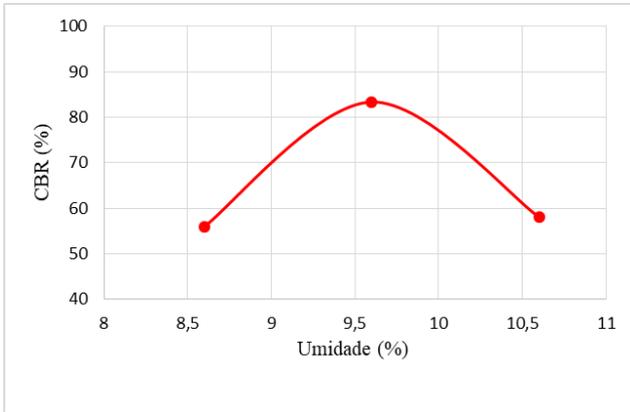


Figura 6. ICS do Solo Natural. Fonte: Autoria Própria (2021).

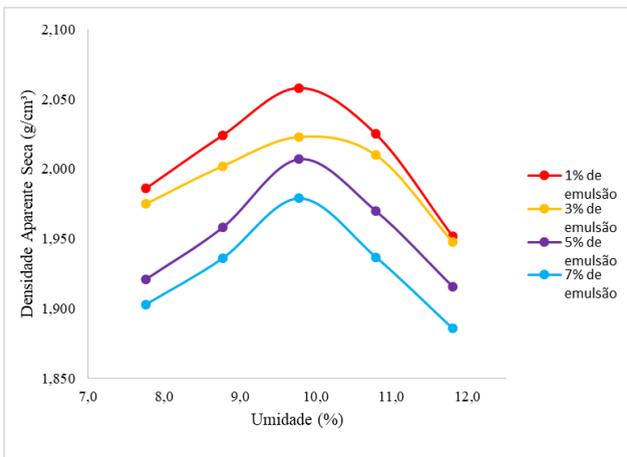


Figura 7. Curvas de Compactação Solo-Emulsão. Fonte: Autoria Própria (2021).

ótima do solo natural, sendo estes valores entre 9,8% e 9,9%. Já em relação à Densidade Aparente Seca, notou-se uma pequena diminuição conforme o teor de emulsão aumentava.

Esses resultados mostram consenso com as conclusões de alguns autores, de que a densidade aparente diminui conforme o teor de emulsão aumenta e que a umidade da mistura solo-emulsão tem alteração de menos de 1% em relação a umidade ótima do solo natural ([2], [6]).

Depois de compactado, o solo foi levado aos tanques para a realização dos ensaios de expansão e penetração. Os resultados obtidos no ensaio de expansão mostram que para os maiores percentuais de emulsão (3%, 5% e 7%) houve maior expansão, enquanto para 1% de emulsão houve pouca expansão.

Já para o ICS do solo-emulsão, observa-se que a mistura solo-emulsão que apresentou maior Índice de Suporte Califórnia na amostra foi a com 1% de emulsão asfáltica com 69,9%, sendo a única a apresentar um ICS acima do exigido pelo DNIT para uso em base de pavimento, mas o valor ainda está inferior ao ICS apresentado pelo solo natural. A amostra que apresentou menor valor de ICS é a com maior teor de emulsão, isso acontece devido a alta quantidade de emulsão

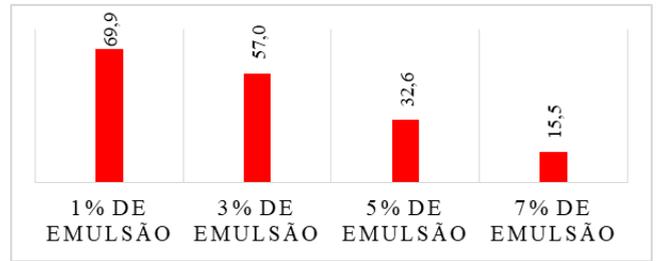


Figura 8. ICS do Solo-Emulsão. Fonte: Autoria Própria (2021).

passar a agir como lubrificante, reduzindo o contato entre as partículas, e conseqüentemente, a resistência.

Comparado os resultados obtidos no ensaio de Compactação do solo natural e do solo-emulsão, apresentado na Figura 9, é possível notar que à medida que se acrescenta a emulsão asfáltica, ocorre uma pequena variação na densidade aparente seca do material, além de uma alteração mínima na umidade ótima.

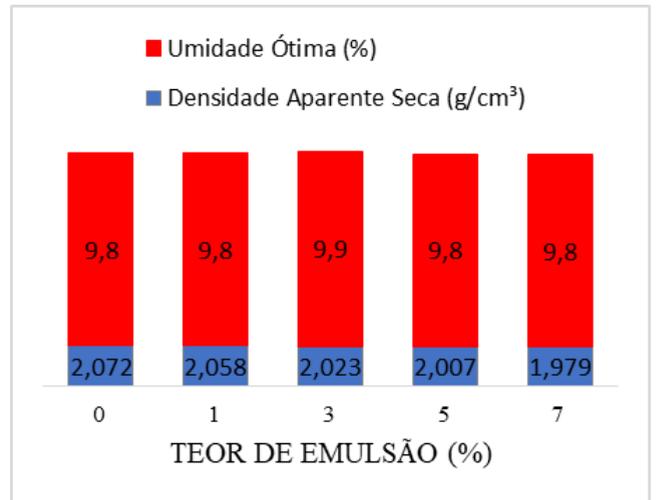
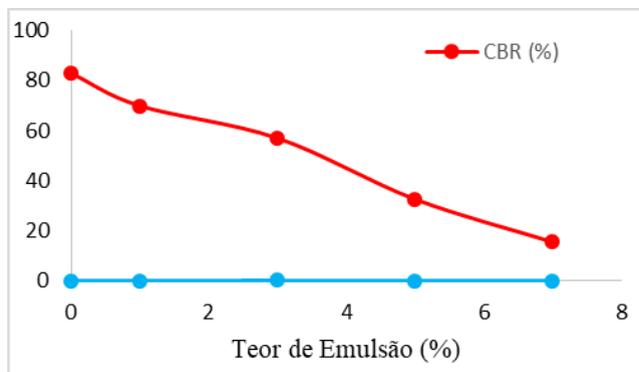


Figura 9. Compactação Solo Natural x Solo-Emulsão. Fonte: Autoria Própria (2021).

Já para o ensaio de Índice de Suporte Califórnia, é possível notar a partir dos resultados apresentados que a expansão apresentada foi extremamente baixa, próxima de 0 para todas as amostras, já para o ICS os resultados divergiram muito. O ICS do solo natural, com 0% de emulsão, chegou a 82,9%, enquanto o maior ICS do solo-emulsão chegou apenas a 69,9%, ainda estando acima do mínimo exigido pelo DNIT para base de vias de baixo fluxo, mas muito abaixo do apresentado pelo solo em seu estado natural.

Diante desses resultados, verifica-se que a emulsão asfáltica não foi capaz de proporcionar um aumento no ICS do solo, porém isso não implica afirmar que a estabilização com emulsão asfáltica seja desaconselhável, dado que, de acordo com Rabelo [8] e Micelli [7], o ensaio de ICS é que não é o mais confiável para verificação do comportamento de misturas estabilizadas quimicamente.



**Figura 10.** Expansão e ICS do Solo Natural x Solo Emulsão. Fonte: Autoria Própria (2021).

Isso fortalece a afirmação dos autores Ingles e Metcalf [5] sobre a interação solo-betume, que asseguram que os efeitos da estabilização com betume em areias podem se perder caso aconteça a penetração de água na mistura.

Diante disso, não foi possível identificar um teor ótimo de emulsão para suportar uma máxima capacidade de suporte, já que as misturas estabilizadas apresentaram um decréscimo em relação ao ICS do solo puro.

Observando os resultados desta análise, afirma-se que possivelmente, a concentração de sílica no solo seja um fator limitador para a estabilização com emulsão asfáltica, principalmente se este material estiver sujeito a condições de saturação. Porém, estudos mais aprofundados devem ser realizados para se obter conclusões mais confiáveis.

#### IV. CONCLUSÃO

Este trabalho avaliou uma possível utilização da emulsão asfáltica para a estabilização de um solo usado como base do pavimento de uma via de baixo fluxo na cidade de Paraíso do Tocantins. Essa avaliação foi feita por meio da caracterização do solo e de ensaios mecânicos de Compactação e ICS.

Com a realização dos ensaios, foi possível apresentar as seguintes considerações:

A amostra de solo, classificado como pedregulho argiloso com areia apresentou uma granulometria contínua, com um bom teor de argila, o que resultou na sua adequada plasticidade. Os resultados de granulometria e consistência indicaram que o solo poderia ser estabilizado com emulsão asfáltica segundo os limites conferidos por alguns autores, embora essa não fosse a melhor estabilização para esse solo com 25% de material passando na peneira n° 200.

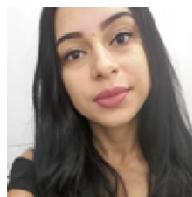
Em relação aos diferentes teores de emulsão aplicado ao solo, é possível perceber que a principal diferença entre o solo puro e o solo-emulsão é a lubrificação. Isso acontece porque as partículas de betume se unem as do solo, substituindo as partículas de ar por um filme protetor. Isso se prova com a diminuição da densidade aparente seca e do ICS que diminui conforme se adiciona emulsão asfáltica.

Analisando a resposta mecânica das misturas solo-emulsão no ensaio de Índice de Suporte Califórnia, não é possível definir o teor ótimo de emulsão a ser aplicado, porém, com a análise dos resultados obtidos, pode-se dizer que o teor que apresentaria melhor desempenho mecânico para este solo seria o de 1% de emulsão, visto que em pouca quantidade, o betume age como um impermeabilizante no solo, porém, quando submetido ao ensaio de ICS onde o corpo de prova fica em estado de saturação, essa mistura não teve sua melhor performance.

A partir disso, sugere-se para estudos futuros que se leve em conta outros parâmetros, como por exemplo, o ensaio de Resistência a Compressão Simples (RCS) para a definição da resistência de solos estabilizados com emulsão asfáltica, visto que ainda não há norma que regulamenta os ensaios para este tipo de estabilização.

#### Referências

- [1] ABEDA, A. B. DAS E. D. DE A. Manual básico de emulsões asfálticas. [s.l.: s.n.].
- [2] ARAÚJO, R.; LUCENA, F.; FERREIRA, H. Propriedades de Resistência ao Cisalhamento de Solos Lateríticos Estabilizados com Emulsão Asfáltica Catiônica RM-1C. Associação Brasileira de Pavimentação, Porto Alegre, RS, p. 500-517, 1983.
- [3] CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. Pesquisa CNT de rodovias, 2019. Disponível em: <<https://pesquisarodovias.cnt.org.br/downloads/ultimaversao/gerencial.pdf>>. Acesso em: 6 out. 2020.
- [4] DNIT. Manual de pavimentação. 2006.
- [5] INGLES, O. G.; METCALF, J. B. Soil stabilization principles and practice. [s.l.: s.n.].
- [6] JACINTHO, E. C. Estudo do comportamento de misturas solo-emulsão para uso em barragens. 2005.
- [7] MICELI JR, G. Comportamento de solos do Estado do Rio de Janeiro estabilizados com emulsão asfáltica. Instituto Militar de Engenharia (in Portuguese), 2006.
- [8] REBELO, E. DE P. Estudo de mistura solo-emulsão para a região de Uruçu (Coari-AM). 2009.
- [9] SOLIZ, V. V. P. Estudo de três solos estabilizados com emulsão asfáltica. 2007.



**GEOVANA CUNHA SANTOS**  
Graduanda em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas.



**FERNANDO MORENO SUARTE JÚNIOR**  
Engenheiro Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (2005) e Arquiteto e Urbanista pela Universidade Federal do Tocantins (2008), possui especialização em MBA – Gestão Eficaz de Obras e Projetos pela Universidade Cruzeiro do Sul (2011) e mestrado-profissionalizante em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Tocantins (2019). Atualmente é professor titular

do Centro Universitário Luterano de Palmas e Professor Substituto da UFT. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Construção Civil.

• • •

• • •

## UTILIZAÇÃO DE IMAGEAMENTO AÉREO COMO SUPORTE NA ANÁLISE DE CUSTOS DE REDES COLETORAS DE ESGOTO

SERGIO CARLOS BERNARDO QUEIROZ,  
DÊNIS CARDOSO PARENTE,  
KENIA PARENTE LOPES MENDONÇA.

**ABSTRACT** - The present work aims to analyze the applicability of aerial images obtained with Unmanned Aerial Vehicle (UAV) in decision making regarding the choice of sewage collection network in a sector of the city of Palmas - TO. In order to arrive at a cost comparison between simple and double network that meets the necessity of sewerage of the sector studied. Through orthorectified images, it was specifically pointed the types of coverings, quantitative, for the items of demolition, removal and restoration of pavements and sidewalks. The usage of these images aimed to assess the accuracy in the budget of projects of these networks, since the practice used for the preparation of the budgets is made through visual inspection in loco or by estimation, being an expensive, slow and imprecise practice. The studied tool proved to be efficient, as it is possible to verify, with the resolution adopted for the images, the types of coating, precision in the quantitative survey through the orthomosaic.

**KEYWORDS** - Unmanned aerial vehicle (UAV); Budget; Sewage collection network; Sewer.

### I. INTRODUÇÃO

Dentre as alternativas existentes para a execução de redes coletoras de esgoto sanitário, o método destrutivo é a alternativa tradicional e mais utilizada. Esse método consiste na escavação de valas ao longo de toda a extensão da rede projetada, onde o sistema de tubulação é instalado de maneira direta na trincheira sobre um berço com materiais adequados [1].

As condições para execução das referidas redes são estabelecidas pela [2]. A norma estabelece diretrizes para remoção do pavimento, abertura da vala, esgotamento, escoramento, assentamento, preenchimento da vala e a recomposição dos pavimentos e passeios.

Além da escolha quanto à prática de execução das redes, pelo método destrutivo ou não destrutivo, deve-se optar ainda por redes simples ou redes duplas. Conforme [2] as tubulações de redes simples devem ser locadas no terço mais favorável às ligações, enquanto as redes duplas devem ser lançadas o mais próximo possível do meio fio, havendo espaço disponível, preferencialmente no passeio.

Segundo [3], as características de cada revestimento existente, seja asfalto, calçadas, pavimento intertravado etc., ditam as práticas de remoção e recomposição, que consequentemente refletem no custo das obras. A identificação e o levantamento do quantitativo dos trechos pavimentados e calçados onde a rede projetada irá interseccionar precede a elaboração dos orçamentos e são feitos por meio de inspeção visual in loco, uma prática dispendiosa e lenta.

Haja vista que os orçamentos de obras consistem na transformação em custo dos detalhes de projetos, deve-se sempre elaborá-lo antes da execução das obras, pois, por meio dele tem-se uma previsão do custo da obra, dando então o embasamento de viabilidade do objeto em questão [4].

Inserido nesse cenário o uso de tecnologias, o levantamento de informações geográficas e imageamento aéreo, têm se despontado como ferramenta auxiliar para fins civis e científicos. Segundo [5], os veículos aéreos não tripulados (VANTs) apresentam-se como uma alternativa potencial no processo de obtenção de imagens que auxiliam na identificação e caracterização de superfícies, cobertura e uso do solo.

Em trabalho desenvolvido por [3] utilizando imagens aéreas na prática de orçamentação de redes, o autor verifica que o refinamento da resolução utilizada no processo de obtenção das imagens trouxe uma riqueza de detalhes que permitiu em alguns casos, além da especificação do material, a distinção dos formatos das peças utilizadas em pavimento intertravado e até mesmo seu estado de conservação.

Como unidade amostral para desenvolvimento da presente pesquisa, foi tomado um setor na região sul da cidade de Palmas – TO, ainda não contemplado com projetos de rede de abastecimento e esgotamento sanitário. Sobre a imagem aérea da área sobrevoada foram lançados dois modelos de encaminhamento de redes, uma com arranjo de rede simples e outra com arranjo de rede dupla, todas atendendo as mesmas sub-bacias.

Foram confrontadas dimensões e identificações dos tipos

de revestimento dos passeios e vias obtidas pelo ortomosaico de imagens com os dados de campo, objetivando avaliar a confiabilidade dos referidos quantitativos e especificações extraídos pelo sensor acoplado ao Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT).

## II. METODOLOGIA

Buscando atingir os objetivos propostos, a metodologia experimental aplicada comparou custos de redes coletoras de esgoto orçadas com base em quantitativos e especificações obtidas por imagem aérea.

### A. ÁREA DE ESTUDO

Para desenvolvimento da presente pesquisa foi tomado como objeto um setor na região sul da cidade de Palmas – TO ainda não contemplado com projetos de rede coletora de esgoto. Mesmo sem projeto previamente elaborado, foram lançados sobre a mesma área dois arranjos hidráulicos de rede de coleta, um deles simples, atendendo os dois lados das vias, e outro arranjo duplo atendendo os dois lados de cada via.

Procurando isolar as variáveis de projeto, foi adotado o mesmo sentido de fluxo, as mesmas quadras internas a serem atendidas, distância padrão de 50m entre poços de visita, um diâmetro mínimo de 150mm e profundidade média de 1,60m para as redes.

O setor Bertaville, área definida como objeto da pesquisa, possui uma área de aproximadamente 60 ha e está localizado na região sul da cidade de Palmas - TO. A escolha se justifica pelo fato de ser uma área em processo inicial de ocupação e com serviços de infraestrutura, como asfalto e calçamento já executados, subsidiando assim o alcance dos objetivos propostos.

### B. VANT EBEE E SOFTWARES PARA VOO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS

Para a coleta das imagens foi utilizado o veículo aéreo modelo eBee, certidão de cadastro Nº PP-220920032 (Figura 1), de fabricação suíça, envergadura de 96 cm (38 pol) e autonomia de voo em torno de 30 min. É composto por uma hélice na traseira e sua construção em espuma permite flexibilidade e leveza (700 gramas -1,5 lbs), resultando na redução do consumo energético. A aeronave compreende uma plataforma com sensores específicos acoplados, que permitem a obtenção de imagens fotográficas e vídeos. A aeronave traz incorporados sensores que possibilitam a estabilidade do equipamento em missão, bem como a transmissão de dados que garantem o acompanhamento direto da execução do voo.

O planejamento de voo é elaborado por meio da estação base, desenvolvida pela mesma fabricante da aeronave (senseFly), com o seguinte conjunto: o software eMotion 2, responsável pela programação do voo e execução do trajeto da aeronave, e uma antena transmissora, que permite o acompanhamento em tempo real do sobrevoo, bem como o envio de comandos de pouso, mudanças de direção ou tomada de imagens. A interface do programa mostra informações importantes sobre o nível de bateria, temperatura ambiente,



Figura 1. Veículo aéreo não tripulado modelo eBee.

altitude, posição, duração e velocidade do voo, velocidade do vento, resolução e sobreposição longitudinal e latitudinal da área a ser sobrevoada, altitude e link do rádio.

Para processamento das imagens e geração dos mosaicos ortoretificados, a aeronave também dispõe de software específico, o Pixel4D (senseFly). Nesse processo, os pontos capturados pelo GPS da aeronave são associados a cada uma das imagens.

### C. DISPOSITIVO DE CAPTAÇÃO DE IMAGEM (CÂMERAS)

A câmera utilizada na captura das imagens, modelo Canon RGB S110, reuniu características adequadas e compatíveis com o sistema eBee e o aplicativo de formação de ortomosaico. Dispunha de sensor Live MOS de 12,3 megapixels, com uma gama ISO de 100 a 6400, capacidade de gravar imagens em RAW (12-bit de compressão sem perdas), JPEG, JPEG + RAW, estabilizador de imagem e uma velocidade máxima do obturador de 1/4000s, podendo disparar 3 quadros por segundo.

### D. PLANEJAMENTO DO VOO E AQUISIÇÃO DAS IMAGENS

O plano estabelecido para a presente pesquisa vislumbrou a obtenção de imagens que garantissem melhor distinção dos objetos na superfície e maior exatidão no levantamento de áreas de passeio e pavimento. Para tanto foi feito um único sobrevoo a uma altura de 120 m com sobreposição das imagens da ordem de 60% na longitudinal, 75% na lateral e resolução de 3,4 cm/pixel, resultando em sobrevoo com duração de aproximadamente 30 min.

O método procura garantir que as faixas possam ser “amarradas” pelos pontos de ligação determinados na área comum e formem um bloco.

### E. MONTAGEM DO ORTOMOSAICO

O mosaico devidamente georreferenciado foi obtido após uma série de etapas, que envolveram a remoção dos erros e distorções causadas pelo processo de aquisição das imagens, e visou orientar as imagens com relação às outras e com relação à cena completa.

Esse processamento das imagens foi feito a partir das informações do GPS do VANT e de algoritmos próprios capazes de encontrar automaticamente os pontos de enlace entre as fotos, gerando ortomosaicos em formato tif, DEM (Digital Elevation Model – Modelo Digital de Elevação), modelo triangular 3D e nuvem de pontos georreferenciadas.

Sua obtenção possibilita o levantamento de dados mensuráveis, como área e volume, facilitando a identificação de pontos imageados.

### F. LEVANTAMENTO DE DADOS EM CAMPO E POR MEIO DO MOSAICO

Haja vista que as redes coletoras podem ser localizadas tanto no passeio, como no arruamento, para a obtenção dos dados levantados em campo e por meio do mosaico, foram escolhidos de forma aleatória 10 pontos na área imageada, sendo 5 trechos em ruas e avenidas e 5 trechos em passeio, de modo que a unidade amostral trouxesse diferentes tipos de revestimento, subsidiando assim a aferição da confiabilidade da ferramenta no levantamento proposto.

## III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### A. FOTOINTERPRETAÇÃO DAS IMAGENS

O resultado do processamento das imagens resultou em um mosaico com boa qualidade de resolução, o que facilitou a identificação dos tipos de revestimentos e precisão nas medições. Com o mosaico foi possível se obter detalhes da especificação do material e até a distinção dos formatos das peças utilizadas, como pode ser observado também na Figura 2.



Figura 2. Detalhe em mosaico de calçada em intertravado.

Em mais um trecho extraído do mosaico pode-se observar a presença de calçadas em concreto pintadas (Figura 3).

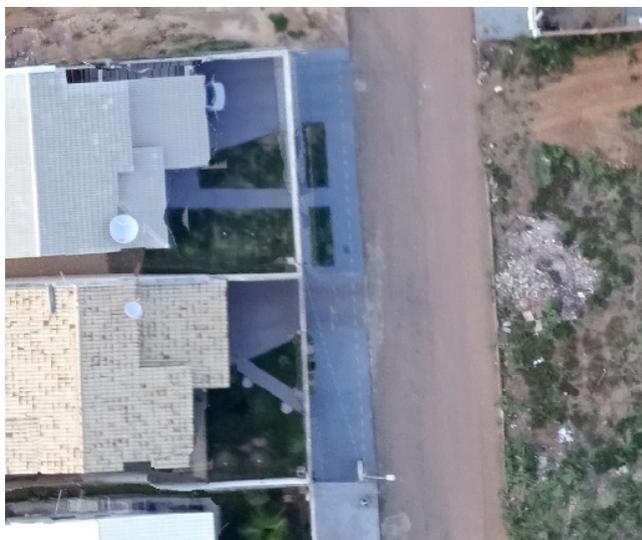


Figura 3. Detalhe em mosaico de calçada em intertravado.

### B. METRAGEM DOS TRECHOS EM VIAS E PASSEIOS

Os comprimentos de vias e passeios tomados como unidades amostrais na verificação da precisão no levantamento, estão dispostos na tabela 1.

Tabela 1. Variações em dimensões tomadas como amostragem.

Pont	Revesti-mento	Dimensã (M) (Campo)	Dimensã (M) (Imagem)	Vari-ação (M)	Dife-rença (%)
1	Asfalto	6,80	6,84	-0,04	-0,59%
2	Asfalto	6,00	5,95	0,05	0,83%
3	Asfalto	6,60	6,58	0,02	0,30%
4	Terra	4,85	4,87	-0,02	-0,41%
5	Terra	6,62	6,59	0,03	0,45%
6	Terra	6,53	6,57	-0,04	-0,61%
7	Concreto	6,82	6,86	-0,04	-0,59%
8	Concreto	7,65	7,68	-0,03	-0,39%
9	Inter-travado	6,34	6,38	-0,04	-0,63%
10	Inter-travado	6,39	6,35	0,04	0,63%

Ao confrontar os dados de travessias em asfalto e de passeios, percebe-se que a variação máxima entre os valores de passeio e travessias em pavimento foi da ordem de 4,0 cm, que pode ter sido causada pela projeção da sombra de obstáculos, o que dificultou o levantamento das medidas em alguns pontos no mosaico.

Em algumas situações o aspecto supracitado pode interferir e ser o fator limitante na precisão do levantamento das medidas, ou seja, a posição do sol no horário dos voos é responsável pela projeção das sombras, seja qual for a superfície. Como forma de coibir tais interferências, pode-se planejar voos com maior sobreposição do trajeto e em horários entre as 10h e 11h da manhã.

Mesmo diante das dificuldades encontradas, pode-se observar que a variação percentual individual não ultrapassou 1,0%, o que atesta o grau de confiabilidade do uso de imagens obtidas por meio de veículo aéreo não tripulado no levantamento dos quantitativos de serviços para as obras de redes coletoras.

### C. CUSTOS DAS REDES

Tomando como base de custos as tabelas de composições da concessionária de saneamento local e os quantitativos de corte e recomposição de passeios e pavimento, foram obtidos os orçamentos para os dois modelos de rede. Em suas concepções as redes simples e dupla apresentam comprimentos de 8.132m e 12.575m respectivamente.

A quadra estudada encontra-se toda asfaltada e com 80% de seus passeios em terreno natural com os 20% restante dos calçamentos em concreto desempenado, pavimento intertravado e grama. Tais quantitativos foram levantados no mosaico gerado pelas imagens.

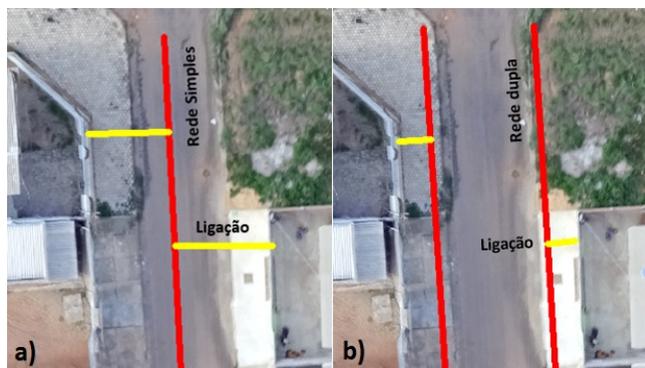
O custo global das redes a serem implantadas apresentaram uma variação de custo considerável. A rede dupla se mostra mais cara, com um percentual de 14% acima do custo da rede simples, contemplando a mesma área. A tabela 2 trás o orçamento sintético dos serviços para execução da obra.

**Tabela 2.** Orçamento sintético das redes lançadas no mosaico.

ITEM	R\$ REDE DUPLA	R\$ REDE SIMPLES
Serviços preliminares	R\$ 21.063,29	R\$ 21.063,29
Serviços técnicos	R\$ 84.507,00	R\$ 71.558,96
Sinalização/ advertência	R\$ 14.580,11	R\$ 9.294,53
Movimento de terra	R\$ 697.081,16	R\$ 512.486,46
Remoção / composição de pavimento em ruas e avenidas	R\$ 37.916,88	R\$ 693.524,63
Substituição de solo p/ recomposição de pavimento	R\$ 8.490,45	R\$ 174.374,22
Remoção/ recomposição de passeio	R\$ 647.582,56	R\$ -
Escoramento de valas	R\$ 275.599,43	R\$ 173.802,52
Poços de visita	R\$ 577.271,04	R\$ 369.814,26
Carga, transporte e descarga (c.t.d)	R\$ 11.465,70	R\$ 35.535,53
Montagem	R\$ 55.743,72	R\$ 35.535,53
Parte hidráulica	R\$ 34.320,10	R\$ 21.873,73
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 2.465.621,44</b>	<b>R\$ 2.118.863,66</b>

Muito embora haja essa diferença de custo entre as redes, deve-se pensar ainda nos ramais de ligações que interligam a rede propriamente dita ao domicílio a ser atendido.

Ramais de redes simples são mais longos, haja vista que uma única linha de tubulação executada no arruamento deverá atender os dois lados da via. Por partirem da rede, localizada no asfalto, seguindo até o limite do lote, a execução dos ramais gera corte e recomposição tanto de asfalto quanto de passeio revestido, o que não ocorre nas redes duplas executadas nos passeios. A figura 4 mostra a diferença de comprimento entre as duas situações.



**Figura 4.** Ligações lançadas em rede simples e dupla, mostrando variação no comprimento dos ramais.

Ambas as concepções foram lançadas para atender 1.100 ligações potenciais, ou seja, com edificações gerando esgoto doméstico. Os comprimentos de ramais para cada uma das concepções de rede foram de 6,0m para ligações em rede simples e 2,0m para ligações rede dupla, variação ocasionada pela distância entre as redes e os pontos a serem esgotados.

Orçadas as ligações domiciliares com seus respectivos comprimentos de ramais, quantitativos de corte e recomposição de pavimento, chegou-se aos valores por unidade de ligação apresentados na tabela 3.

**Tabela 3.** Custo total das ligações domiciliares.

	Quantidade de ligações	R\$/ligação	Total
Ligação rede simples	1.100,00	R\$ 990,71	R\$ 1.089.781,00
Ligação rede dupla	1.100,00	R\$ 439,04	R\$ 482.944,00

Ligações domiciliares são executadas de forma conjunta com as redes, ou seja, seus valores são incorporados ao valor total da obra de esgotamento dos setores habitados.

Os valores totais de cada uma das redes orçadas aqui com suas respectivas ligações podem ser observados na tabela 4.

A rede dupla em sua concepção completa, incluindo ligações, passa a ser aproximadamente 8,1% mais barata que a rede simples.

**Tabela 4.** Custo total com redes e ligações.

	<b>R\$ Total Ligações</b>	<b>R\$ Total Rede</b>	<b>Total</b>
Rede Simples	1.089.781,00	R\$ 2.118.863,66	R\$ 3.208.644,66
Rede Dupla	482.944,00	R\$ 2.465.621,44	R\$ 2.948.565,44

#### IV. CONCLUSÃO

A utilização de imagem aérea para os fins propostos nesta pesquisa agregou agilidade e exatidão na quantificação de serviços para execução de redes, maximizando as informações por meio de imagens georreferenciadas, que poderão ser consultadas no momento oportuno, possibilitando o esclarecimento de incertezas presentes na fase de orçamentação das obras.

Para a situação descrita, em mesmas condições de profundidade de valas, material hidráulico, diâmetro de tubulação, condições de revestimento de vias e passeios, as redes duplas se mostram como solução mais viável economicamente.

É importante, portanto, ressaltar que situações de vias não pavimentadas e passeios mais caros, com revestimento cerâmico, ladrilho e pedras ornamentais, podem interferir no custo das redes e devem ser analisados de forma específica.

A metodologia mostrou-se promissora, apresentando resultados rápidos e precisos, podendo ser utilizada como subsídio na prática de tomada de decisão para projetos e orçamentação das obras de redes coletoras de esgoto sanitário.

#### Referências

[1] DEZOTTI, M. C. Análise da utilização de métodos-não destrutivos como alternativa para redução dos custos sociais gerados pela instalação, manutenção e substituição de infraestruturas urbanas subterrâneas. 2008. 231 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008. Disponível em: <[www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18143/tde-03102008-000200/.../diss\\_mcd.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18143/tde-03102008-000200/.../diss_mcd.pdf)>. Acesso em: 25 mar. 2016.

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12266: Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana. Rio de Janeiro, 1992.

[3] PARENTE, D. C.; LIMA, S. N.; PICANÇO, A. P. Utilização de veículo aéreo não tripulado no levantamento de serviços para orçamentação de redes coletoras de esgoto e de abastecimento de água Revista DAE, v. 66, n. 213, p. 76-84, 2017.

[4] SEVERO, R. D. Orçamento em obras de saneamento. Porto Alegre: Technique Engenharia, 2014. 47 slides, color. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/4453617-Orçamento-em-obras-de-saneamento-como-garan4r-um-bom-etalhamento-de-custos.html>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

[5] SILVA, J. S.; ASSIS, H. Y. E. G.; BRITO, A. V.; ALMEIDA, N. V. VANT como ferramenta auxiliar na análise da cobertura e uso da terra. In: X Congresso Brasileiro de Agroinformática, 2015.

[6] GIUFFRIDA, F. Property Drone Consortium. Potential Uses and Considerations Regarding the Use of UAS Technology in Assessment. 2015. Disponível em: <<http://propertydrone.org/wp-content/uploads/2017/01/Potential-Uses-and-Considerations-Regarding-the-use-of-UAS-Technology-in-Assessment-c.pdf>>. Acesso em: 06 ago. 2019.

[7] Nishar, A., Richards, S., Breen, D., Robertson, J., Breen, B. (2016), "Thermal infrared imaging of geothermal environments and by an unmanned aerial vehicle (UAV): A case study of the Wairakei - Tauhara geothermal field, Taupo, New Zealand", Renewable Energy 86 (2016) 1256 - 1264.

[8] BREEN, B.; BROOKS, J. D.; JONES, M. L. R.; ROBERTSON, J.; BETSCHART, S.; KUNG, O.; CARY, S. C.; LEE, C. K.; POINTING, S. B. Application of an unmanned aerial vehicle in spatial mapping of terrestrial biology and human disturbance in the McMurdo Dry Valleys, East Antarctica. Polar Biol, (2015) 38:573–578.



**SERGIO CARLOS BERNARDO QUEIROZ**  
Possui graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Tocantins (2003). Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2010). Doutorado em Tecnologia Ambiental pela Universidade de Ribeirão Preto (2019). Atualmente é professor Adjunto do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Tocantins - UFT. Atua como consultor na área de projetos de saneamento.



**DÊNIS CARDOSO PARENTE**  
Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal do Tocantins (UFT) e Engenheiro Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA). Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Tocantins (UFT). Atua como professor nos cursos de engenharia civil do CEULP/ULBRA e arquitetura e urbanismo da UFT. Como analista desenvolve atividades como consultor na área de orçamento de obras de saneamento, construção civil e licenciamento ambiental.



**KENIA PARENTE LOPES MENDONÇA**  
Graduada em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (1993). Especialista em Saneamento Ambiental pela Fundação Universidade do Tocantins (2003). Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Tocantins (2019). Sócia-proprietária da empresa SIG-Serviços de Infraestrutura e Geotecnia Ltda. desde 2000. Coordenadora do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas a partir de janeiro de 2016.

**Singular. Engenharia, Tecnologia e Gestão**  
**ano 2, v.1, n.3, ago./dez. 2021**  
**e-ISSN: 2596-2604**  
**doi: <https://doi.org/10.33911/singular-etg.v1i3>**