

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL**

**EFEITO DO ALAGAMENTO, DAS CARACTERÍSTICAS  
FÍSICAS, QUÍMICAS E HIDRÁULICAS DO SOLO  
SOBRE O INCREMENTO DIAMÉTRICO DA *Vochysia  
divergens* POHL NO PANTANAL MATOGROSSENSE**

**ARYADNE MÁRCIA AQUINO**

**PROF.<sup>a</sup> DR.<sup>a</sup> LUCIANA SANCHES  
ORIENTADORA**

Cuiabá, MT, Dezembro, 2016

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL**

**EFEITO DO ALAGAMENTO, DAS CARACTERÍSTICAS  
FÍSICAS, QUÍMICAS E HIDRÁULICAS DO SOLO  
SOBRE O INCREMENTO DIAMÉTRICO DA *Vochysia  
divergens* POHL NO PANTANAL MATOGROSSENSE.**

**ARYADNE MÁRCIA AQUINO**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutora em Física Ambiental.

**ORIENTADORA: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> LUCIANA SANCHES**

Cuiabá, MT, Dezembro, 2016

### **Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.**

A657e Aquino, Aryadne Márcia.  
EFEITO DO ALAGAMENTO, DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS,  
QUÍMICAS E HIDRÁULICAS DO SOLO SOBRE O INCREMENTO  
DIAMÉTRICO DA *Vochysia divergens* POHL NO PANTANAL  
MATOGROSSENSE / Aryadne Márcia Aquino. -- 2016  
75 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Luciana Sanches.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física,  
Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2016.  
Inclui bibliografia.

1. Áreas úmidas. 2. *Vochysia divergens* Pohl. 3. Desenvolvimento vegetal. 4.  
propriedades do solo. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**INSTITUTO DE FÍSICA**  
**Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO: EFEITO DO ALAGAMENTO, DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E HIDRÁULICAS DO SOLO SOBRE O INCREMENTO DIAMÉTRICO DA *Vochysia divergens* POHL NO PANTANAL MATOGROSSENSE**

**AUTORA: ARYADNE MÁRCIA AQUINO**

Tese de Doutorado defendida e aprovada em 21 de dezembro de 2016, pela comissão julgadora:



**Profa. Dra. Luciana Sanches**  
**Orientadora**

Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia  
UFMT



**Profa. Dra. Marta Cristina de Jesus**  
**Albuquerque Nogueira - Examinadora Interna**  
Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia  
UFMT



**Prof. Dr. Fernando Ximenes de Tavares Salomão**  
**Examinador Interno**  
Instituto de Ciências Exatas e da Terra/UFMT



**Prof. Dr. Jonathan Willian Zangeski Novais**  
**Examinador Externo**  
Universidade de Cuiabá/UNIC



**Profa. Dra. Ângela Santana de Oliveira**  
**Examinadora Externa**  
Instituto Federal de Mato Grosso/IFMT

## DEDICATÓRIA

A Deus pela vida e proteção. Aos meus pais: Jair Miranda Aquino e Diane Márcia Souza Aquino pelo amor incondicional, dedicação, compreensão, oportunidades e sacrifícios.

### **Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.**

A657e Aquino, Aryadne Márcia.  
EFEITO DO ALAGAMENTO, DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS,  
QUÍMICAS E HIDRÁULICAS DO SOLO SOBRE O INCREMENTO  
DIAMÉTRICO DA *Vochysia divergens* POHL NO PANTANAL  
MATOGROSSENSE / Aryadne Márcia Aquino. -- 2016  
75 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Luciana Sanches.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física,  
Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2016.  
Inclui bibliografia.

1. Áreas úmidas. 2. *Vochysia divergens* Pohl. 3. Desenvolvimento vegetal. 4.  
propriedades do solo. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.**

## AGRADECIMENTOS

- A Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> LUCIANA SANCHES, pela orientação, incentivo, apoio, compreensão, paciência, confiança e grande amizade, ingredientes que possibilitaram a realização deste trabalho;
- Aos meus amados pais JAIR MIRANDA AQUINO e DIANE MÁRCIA SOUZA AQUINO e minha madrinha VÂNIA ALMEIDA pelo amor incondicional;
- Ao Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. JOSÉ DE SOUZA NOGUEIRA e Prof<sup>a</sup> MARTA C. de J. A. NOGUEIRA pelo belo trabalho realizado em favor da realização deste curso de Mestrado ou Doutorado;
- Ao Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup> FERNANDO XIMENES DE TAVARES SALOMÃO e ao Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. SHOZO SHIRAIWA pelas contribuições que foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho e pelas grandes pessoas que são;
- Aos Professores JONATHAN WILLIAN ZANGESKI NOVAIS, PATRICK SIQUEIRA DA ROCHA e MARCELO DE CARVALHO ALVES pelos auxílios prestados na realização deste trabalho;
- A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso e a banca examinadora por compartilharem conhecimentos;
- Aos companheiros de campo LUDYMILLA BARBOZA DA SILVA, JONATHAN WILLIAN ZANGESKI NOVAIS, NADJA GOMES MACHADO, VANESSA DIAS, FERNANDO SALLO e aos queridos colegas que se prontificaram em nos ajudar ao longo desta pesquisa;
- Aos funcionários do Parque Baía das Pedras pela ajuda mensal no transporte até o local de estudo que muitas vezes foi de difícil acesso;
- A SOILCE e CESÁRIO pelo grande trabalho feito para o bom andamento deste curso de pós-graduação;
- Aos colegas da SEMA/MT pela compreensão, apoio e companheirismo;
- A todos os colegas adquiridos em toda trajetória desde a graduação até a conclusão deste curso que ajudaram em muito e os quais se tornaram grandes amigos;
- À CAPES pelo auxílio financeiro;
- À FAPEMAT através do Programa de Apoio a Núcleos de Excelência (PRONEX) pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa processo n. 823971/2009.

## EPÍGRAFE

### **A luz que há em você**

“ Ainda que suas sombras interiores despertem o desânimo, persevere. Mesmo que seus sentimentos conspiram contra o seu esforço pessoal, avance. Se as forças opositoras o envolverem no pessimismo, esforce-se um pouco mais.

Quando todos os obstáculos do caminho lhe parecer intransponíveis, pare um pouco, pense em Deus e prossiga.

Somente trabalhando e se esforçando na transformação de seus impulsos de paralisia e derrotismo descobrirá dentro de si mesmo os potenciais luminosos que serão as chaves libertadoras dos grilhões de imperfeições que você carrega e dos problemas que amontoa.

Sombra é ausência de luz. Acendendo o clarão, ela bate em retirada.

Quando estiver a ponto de desistir, recorde que esse é o momento mais precioso de seus testemunhos.

A resistência, quando colocada à prova, significa aferição com intuito de promover a criatura a aprendizados mais avançados nas lições do aprimoramento espiritual.

Tenha cuidado de si mesmo nessa hora, para que a abençoada ocasião de aprender não passe sem que você retire dela o melhor que puder. Transforme a treva com a luz que há em você.

Guarde a certeza de que jamais sentirá desamparado se resolver acreditar no seu guia interior, pleno de luminosidade e pronto a orientá-lo na direção da harmonia.”

Wanderley Oliveira

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>i</b>
LISTA DE FIGURAS .....	ii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	iii
LISTA DE SÍMBOLOS .....	iv
LISTA DE EQUAÇÕES .....	v
RESUMO .....	vi
ABSTRACT .....	vii
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 PROBLEMÁTICA.....	1
1.2 JUSTIFICATIVA.....	2
1.3 HIPÓTESES.....	2
1.4 OBJETIVOS.....	3
1.4.1 Objetivo geral.....	3
1.4.2 Objetivos específicos .....	3
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>4</b>
2.1 MONODOMINÂNCIA DA <i>vockysia divergens</i> POHL NO PANTANAL ..	4
2.1.1 Relação entre a topografia e a distribuição das unidades fitofisionômicas em áreas alagáveis.....	5
2.2 OS PROCESSOS DE INUNDAÇÃO E ALAGAMENTO EM ÁREAS ÚMIDAS.....	7
2.2.1 Fatores que influenciam na quantidade de água do solo disponível às plantas	8
2.3. FUNÇÕES DE PEDOTRANSFERÊNCIA.....	10
2.3.1. Estimativa das propriedades hidráulicas do solo usando Rosetta .....	11

2.3.2.	Estimativa das propriedades hidráulicas do solo usando wÖsten.....	13
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>15</b>
3.1	DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	15
3.2	LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO DA ÁREA EXPERIMENTAL .....	16
3.3	MEDIÇÕES HIDROMICROMETEOROLÓGICAS.....	17
3.3.1	Medição da lâmina d'água do alagamento.....	18
3.3.2	Medição da Umidade do Solo.....	18
3.4	ESTRUTURA E DIVERSIDADE DA VEGETAÇÃO.....	19
3.4.1	Medição diamétrica da <i>Vochysia divergens</i> Pohl.....	22
3.5	CARACTERIZAÇÃO DO SOLO.....	23
3.5.1	Propriedades físicas do solo.....	23
3.5.2	Caracterização física do horizonte superficial do solo.....	24
3.6	ANÁLISE GEOESTATÍSTICA.....	24
3.7	ESTIMATIVA DAS PROPRIEDADES HIDRÁULICAS DO SOLO USANDO ROSETTA.....	25
3.8	ESTIMATIVA DAS PROPRIEDADES HIDRÁULICAS DO SOLO USANDO WÖSTEN.....	25
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>26</b>
4.1	CARACTERÍSTICAS MICROMETEOROLÓGICAS.....	26
4.1.1	Precipitação.....	26
4.1.2	Temperatura, umidade relativa do ar e déficit de pressão de vapor.....	27
4.1.3	Lâmina d'água de inundação.....	28
4.2	PERFIL PLANIALTIMETRICO DO TERRENO.....	32
4.2.1	Relação entre a topografia e a lâmina d'água.....	34

4.3	CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DA COBERTURA PEDOLÓGICA.....	37
4.3.1	Caracterização morfológica da área experimental .....	41
4.4	COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO.....	44
4.4.1	Incremento diamétrico da <i>Vochysia divergens</i> Pohl .....	45
4.5	CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA DO SOLO.....	46
4.5.1	Propriedades hidráulicas do solo estimadas pelo Rosetta em área de <i>Vochysia divergens</i> Pohl no Pantanal .....	46
4.6	RELAÇÃO ENTRE AS PROPRIEDADES HIDRÁULICAS DO SOLO E O CRESCIMENTO ARBÓREO DA <i>Vochysia devergens</i> POHL NO PANTANAL....	51
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>54</b>
<b>6</b>	<b>RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>55</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>56</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da floresta sazonalmente inundada no Pantanal Matogrossense, Brasil. ....	15
Figura 2 - Localização dos pontos de amostragem do solo (círculos fechados verdes) definidos em cinco transectos de 11 pontos sobrepostos à carta de altitude (m). <b>Erro! Indicador não definido.</b>	
Figura 3 - Total da precipitação acumulada no cambarazal referente aos anos de 2012 e 2013. ....	26
Figura 4 - Variabilidade mensal da inundação na área de estudo referente aos anos de 2012 e 2013. ....	29
Figura 5 - Comportamento da inundação dentro dos Transectos A, B, C, D e E nos anos de 2012 e 2013. ....	31
Figura 6 - Variação da lâmina d'água total nos anos de 2012 e 2013. ....	32
Figura 7 - Média mensal da umidade relativa do ar (%), da temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (b) e do déficit de pressão de vapor (KPa) em floresta sazonalmente inundada no Pantanal Matogrossense, 2012 e 2013. ....	27
Figura 8 - Transmitância e refletância nos Transectos A, B, C, D e E em área de dominância da <i>Vochysia divergens</i> Pohl no Pantanal mato-grossense. .... <b>Erro! Indicador não definido.</b>	
Figura 9 - Refletância e Transmitância nos Transectos A, B, C, D e E nos meses de Janeiro a Novembro de 2012 e 2013. .... <b>Erro! Indicador não definido.</b>	
Figura 10 - Perfil planialtimétrico do terreno. ....	33
Figura 11 - Trincheira 01 - (a) Horizonte A ou O; (b) Horizonte B1; (c) e (d) Horizonte B2. ....	38
Figura 12 - (a) Parede da Trincheira 02; (b) amostra do horizonte A com a profundidade de 0 a 10 cm da trincheira BC; (c) amostra do Horizonte B1 com a profundidade de 10 a 30 cm da Trincheira 02. (d) amostra do Horizonte B2 que representa a profundidade entre 30. ....	39

Figura 13 - Trincheira 03 - (a) Amostra do Horizonte A; (b) Agregado do horizonte B1; (c) Agregado horizonte B2. ....	40
Figura 14 - Trincheira 04 - (a) Grânulos do horizonte A; (b) Grânulos do horizonte B1; (c) Grânulos do horizonte B2; (d) Grânulos do horizonte C. ....	41
Figura 15 - Triângulo de textura do solo em perfis com profundidade até 1,70 m localizados entre os Transectos A-B, B-C, C-D e D-E em área de <i>V. divergens Pohl</i> no Pantanal. ....	47
Figura 16 - Mapas da distribuição de silte, areia e argila (g Kg <sup>-1</sup> ) em área de <i>V. divergens Pohl</i> no Pantanal. ....	48
Figura 17 - Conteúdo de água no solo saturado (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ) nos Transectos A, B, C, D e E em área de <i>V. divergens Pohl</i> no Pantanal. ....	50
Figura 18 - Condutividade hidráulica saturada no solo (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ) nos Transectos A, B, C, D e E em área de <i>V. divergens Pohl</i> no Pantanal. ....	50
Figura 19 - Condutividade hidráulica (Ks) estimada por Wösten et al. (1999) versus crescimento arbóreo de <i>V. divergens Pohl</i> no Pantanal. A linha sólida representa 1:1. ....	51
Figura 20 - Condutividade hidráulica (Ks) estimada pelo Rosetta versus crescimento arbóreo de <i>V. divergens Pohl</i> no Pantanal. A linha sólida representa 1:1. ....	52
Figura 21 - Condutividade hidráulica (Ks) estimada por Wösten et al. (1999) versus crescimento arbóreo de <i>V. divergens Pohl</i> no Pantanal. A linha sólida representa 1:1. ....	52
Figura 22 - Condutividade hidráulica (Ks) estimada pelo Rosetta versus crescimento arbóreo de <i>V. divergens Pohl</i> no Pantanal. A linha sólida representa 1:1. ....	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Funções de pedotransferência contínuas para a predição de propriedades hidráulicas, em que $\theta_s$ um parâmetro do modelo, $\alpha^*$ , $n^*$ , $l^*$ e $Ks^*$ foram adaptados pelas equações de Mualen-van Genuchten; $c$ é a porcentagem de argila (por exemplo, porcentagem < 2 $\mu$ m). .....	13
Tabela 2 - Relação entre a altimetria e a lâmina d'água (LD) de inundação na área de estudo. ....	34
Tabela 3 - Níveis de categorização dos mapas de intensidade e duração da inundação e topografia (Fantin-Cruz et al, 2010).....	36
Tabela 4 - Intensidade e duração da inundação e topografia do Cambarazal no Pantanal-MT.....	36
Tabela 5 - Caracterização morfológica externa da Trincheira 01. ....	41
Tabela 6 - Caracterização morfológica externa da Trincheira 02. ....	42
Tabela 7 - Caracterização morfológica externa da Trincheira 03. ....	42
Tabela 8 - Caracterização morfológica externa da Trincheira 04. ....	42

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

DPV – Déficit de Pressão de Vapor

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

GPS – Global Positioning System

LD – Lâmina D'água

RPPN – Reserva Particular do Patrimônio Natural

SESC – Serviço Social do Comércio

T – Temperatura

UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

UR – Umidade Relativa

UTM – Universal Transversa de Mercator

## RESUMO

AQUINO, A. M. **EFEITO DO ALAGAMENTO, DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E HIDRÁULICAS DO SOLO SOBRE O INCREMENTO DIAMÉTRICO DA *Vochysia divergens* POHL NO PANTANAL MATOGROSSENSE.** 2016, 75f. Tese (Doutorado em Física e Meio Ambiente), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2016.

O Pantanal, a maior planície inundável do mundo, características estas atribuídas à alternância entre períodos de muita chuva e períodos de seca, ao tipo de solo, à baixa declividade e à ocorrência de corpos hídricos que contribuem para o alagamento dessa região, fatores que geram outras características peculiares como a diversidade da fauna e da flora. Haja vista tais atributos, o objetivo desta pesquisa foi compreender de que forma a ocorrência do alagamento, em função das características físicas e das propriedades hidráulicas do solo, influencia no domínio da *Vochysia divergens* Pohl (Cambará) em uma área representativa do ecossistema pantaneiro, de maneira a subsidiar o entendimento da manutenção e desenvolvimento arbóreo. Para tanto, foi necessário conhecer: a topografia do terreno, o microclima local, a variação do nível d'água de alagamento; o crescimento da *Vochysia divergens* Pohl; as características físicas, químicas e morfológicas do solo; a relação entre as propriedades hidráulicas do solo (método Rosetta – Hydrus 1D e Wosten et al. 1999) e a dominância da *Vochysia divergens* Pohl na área de estudo. Assim, foi verificado que a topografia é a característica de uma planície; o microclima local apresentou sazonalidade semelhante ao do clima regional; houve diferença no comportamento do nível d'água de alagamento que relacionada à intensidade da precipitação; as características físicas e morfológicas indicam se tratar de Vertissolo Cromado; a análise aplicada não indicou qual modelo de estimativa melhor se adapta a influência da condutividade hidráulica do solo em função do crescimento arbóreo da *Vochysia divergens* Pohl no Pantanal, sugerindo que o crescimento dessa espécie depende de diversos outros fatores ambientais.

**Palavras-chave:** Áreas úmidas, *Vochysia divergens* Pohl, Desenvolvimento vegetal, propriedades do solo

## ABSTRACT

AQUINO, A. M. **Effects of flooding, physical characteristics and soil hydraulic properties on the development of *Vochysia divergens* Pohl in Pantanal matogrossense.** 2016, 75f. Thesis (PhD in Physics and Environment), Institute of Physics, Federal University of Mato Grosso, Cuiabá, 2016.

The Pantanal, the largest floodplain in the world, is attributed to the alternation between periods of heavy rainfall and periods of drought, the type of soil, the low slope and the occurrence of water bodies that contribute to the flooding of this region, factors that generate. Other peculiar characteristics such as the diversity of fauna and flora. Considering these attributes, the objective of this research was to understand how the occurrence of flooding, due to the physical characteristics and hydraulic properties of the soil, influences the *Vochysia divergens* Pohl (Cambará) domain in an area representative of the Pantanal ecosystem, To support the understanding of tree maintenance and development. For this, it was necessary to know: the topography of the soil, the local microclimate, the variation of the water level of flood; The growth of *Vochysia divergens* Pohl; The physical, chemical and morphological characteristics of the soil; The relationship between soil hydraulic properties (Rosetta - Hydrus 1D method and Wosten et al., 1999) and the dominance of *Vochysia divergens* Pohl in the study area. Thus, it was verified that the topography is the characteristic of a plain; The local microclimate presented seasonality similar to the regional climate; There was a difference in the behavior of the water level of flooding that related to the precipitation intensity; The physical and morphological characteristics indicate if it is a chrome Vertisol; The applied analysis did not indicate which model of estimation best adapts to the influence of soil hydraulic conductivity as a function of the arboreal growth of *Vochysia divergens* Pohl in the Pantanal, suggesting that the growth of this species depends on several other environmental factors.

Key words: Wetlands, *Vochysia divergens* Pohl, Plant development, soil properties

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 PROBLEMÁTICA

O Pantanal é uma planície sazonalmente inundável, delimitado a leste pelo Planalto Central Brasileiro e a oeste pela Cordilheira dos Andes. Possui uma área estimada de 250 mil quilômetros quadrados divididos entre o Brasil, a Argentina, o Paraguai e a Bolívia. Em função de sua importância e diversidade ecológica, o Pantanal é considerado pela UNESCO como um Patrimônio Natural Mundial e Reserva da Biosfera.

O clima sazonal é caracterizado por temperatura média em torno de 25°, porém nos meses de setembro a dezembro as temperaturas máximas absolutas ultrapassam a faixa dos 40°C. Desta forma, a região pantaneira também é fortemente influenciada pela alternância dos eventos plurianuais de seca e cheia, pela diferença da intensidade e duração da inundação, pelas variações topográficas, fatores estes que interferem nos processos físicos e biológicos, modelam a paisagem, além de influenciar na distribuição das unidades fitofisionômicas.

Nesse contexto, inclui-se a espécie vegetal *Vochysia divergens* Pohl, localmente denominada de Cambará, de origem Amazônica, e, devido a sua boa integração ao sistema atualmente podem ser encontradas estantes dessa vegetação lenhosa, que se apresenta diversas vezes de forma monodominante em diversas regiões do ecossistema pantaneiro.

A *Vochysia divergens* Pohl não é considerada um problema em áreas alagáveis, mas é fator de atenção quando avança em direção aos campos e cordas das cordilheiras formando florestas e eliminando áreas de pastagem natural. Apesar da reconhecida influência da inundação na distribuição das unidades fitofisionômicas pantaneiras, poucos trabalhos abordam enfaticamente a avaliação sistemática sobre quais fatores ambientais influenciam nos padrões espaciais das fitofisionomias.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

No Brasil, o Pantanal ocupa uma área de 138 mil quilômetros quadrados divididos entre a parte sul do estado do Mato Grosso e a parte noroeste do estado do Mato Grosso do Sul.

No Pantanal mato-grossense existem inúmeros tipos de composições florestais pela capacidade que apresenta em incorporar traços de continuidade da fitogeografia dos ecossistemas adjacentes como o Chaco, Cerrado, Amazônia e Mata Atlântica, devido às características únicas e singulares que conferem a adaptabilidade de algumas espécies vegetais a essa região sujeita à inundação.

Nesse contexto, inclui-se a espécie *Vochysia divergens* Pohl (Cambará), considerada invasora por ser de origem Amazônica, ela apresenta uma boa integração ao sistema, podendo ser encontradas estantes dessa vegetação lenhosa, que se apresentam diversas vezes, de forma monodominantes no ecossistema pantaneiro. Este fato se torna fator de atenção quando avança em direção aos campos e cordas das cordilheiras formando florestas e eliminando áreas de pastagem natural, situação esta que pode alterar o padrão sazonal do Pantanal.

Diante desta problemática, foi selecionada uma área onde a prevalência da *Vochysia divergens* Pohl fosse representativa a fim de embasar este estudo que busca compreender em quais condições ambientais (intensidade e duração da inundação, solo e topografia) há o melhor desenvolvimento da espécie *Vochysia divergens* Pohl.

## 1.3 HIPÓTESES

- i. o alagamento como fator perturbador influencia no desenvolvimento da *Vochysia divergens* Pohl;
- ii. As propriedades físicas e hidráulicas do solo influenciam no crescimento arbóreo das espécies de *Vochysia divergens* Pohl.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo geral

Compreender o regime de alagamento em função das características físicas solo em área representativa do ecossistema pantaneiro mantida por domínio da *Vochysia divergens* Pohl (Cambará), de maneira a subsidiar o entendimento da manutenção e desenvolvimento arbóreo na região de Poconé/MT.

### 1.4.2 Objetivos específicos

- realizar o levantamento topográfico da área de estudo;
- monitorar o microclima da área de estudo (temperatura, umidade relativa, precipitação);
- monitorar o nível de água durante o período de alagamento na área de estudo durante o período de 02 anos;
- monitorar o crescimento da *Vochysia divergens* Pohl durante o período de 01 ano;
- caracterizar física e morfologicamente o solo predominante na área de estudo;
- avaliar a distribuição da textura do solo;
- estimar as propriedades hidráulicas do solo utilizando dois métodos (Rosetta – Hydrus 1D e Wosten et al., 1999) em área de dominância de *Vochysia divergens* Pohl no Pantanal mato-grossense;
- avaliar a relação entre as propriedades hidráulicas do solo estimadas por dois métodos (Rosetta – Hydrus 1D e Wosten et al., 1999) e o crescimento arbóreo das espécies de *Vochysia divergens* Pohl no Pantanal mato-grossense.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 MONODOMINÂNCIA DA *VOCKYSIA DIVERGENS* POHL NO PANTANAL

Na década de 1950, surgiram as primeiras discussões a respeito de florestas tropicais que apresentam padrão estrutural anômalo, onde o dossel é dominado por somente uma espécie de árvore (RICHARDS, 1996). O termo “monodominante” foi utilizado e difundido por HART et al. (1989), que enfatizaram o fato dessas florestas apresentarem mais de 50% do número de indivíduos da comunidade pertencentes a uma única espécie. Além do número de indivíduos, também podem ser utilizadas como medidas de dominância das florestas monodominantes a área basal, a biomassa ou a cobertura do dossel (CONNEL & LOWMAN, 1989).

No Pantanal brasileiro há vários tipos de vegetações lenhosas que se apresentam de forma monodominante e muitas vezes sujeitas à inundação periódica, como por exemplo: o Acurizal, dominado pela *Attalea phaleratta* Mart, o Candarazal, dominado pela *Copernicia Alba* Morong e o Cambarazal, dominado pela *Vochysia divergens* Pohl (DAMASCENO-JÚNIOR et al., 2005; NASCIMENTO & CUNHA 1989; NASCIMENTO & JOSÉ, 1986).

A magnitude, duração e frequência das inundações são de grande importância ecológica, pois afetam a variação espacial e temporal das propriedades físicas, químicas e biológicas do ecossistema (JUNK et al., 1989; NEIFF, 1990), aumenta a transferência de matéria orgânica e de nutrientes, bem como de organismos (TOCKNER et al., 1999) em escala de paisagem. A variação na magnitude da inundação determina o grau de conectividade entre o rio e sua planície de inundação, bem como em toda a própria planície de inundação. O período de tempo que permanece planície do debaixo de água determina a distribuição de espécies de plantas de acordo com a tolerância ao período estendido de submersão (CUNHA & JUNK, 2001).

Objeto do nosso estudo, a *Vochysia divergens* Pohl pertence à família Vochysiaceae, que possui seis gêneros e cerca de 200 espécies tropicais (BARROSO, 1991). Essa espécie vegetal se desenvolve especialmente em áreas sujeitas a alagamento sazonal como campos de murundu, florestas ribeirinhas e campos sujos, nestes últimos, tornando-se extremamente abundante, até formar extensos estandes monodominantes chamados de Cambarazais (NASCIMENTO & NUNES DA CUNHA, 1989).

Desta forma, a *Vochysia divergens* Pohl apresenta características ecológicas e fisiológicas que favorecem seu rápido espalhamento e dominância em campos sazonalmente inundados. Sua alta taxa de crescimento sob intensa luminosidade, sua tolerância à condição de prolongado alagamento, a capacidade de suas plântulas para manter suas folhas intactas embaixo da superfície da água e a grande produção de sementes espalhadas pelo vento e água são algumas delas. Apesar disso, essa espécie tem baixa tolerância ao estresse da seca, tendo suas populações reduzidas pelo efeito de períodos plurianuais de grandes secas (NUNES DA CUNHA et al., 2000; NUNES DA CUNHA & JUNK 2004). Sendo assim, seu desenvolvimento geralmente não ocorre ou ocorre em baixa densidade em habitats não alagados (ARIEIRA & NUNES DA CUNHA, 2012).

### **2.1.1 Relação entre a topografia e a distribuição das unidades fitofisionômicas em áreas alagáveis**

A topografia da paisagem pode permitir que a água flua a partir da precipitação ou de outra origem para se recolher em suas cavidades. Estas cavidades podem variar em escala de milímetros, no caso de depressões na superfície do solo, à escala de dezenas de quilômetros (km), no caso de bacias hidrográficas. As características da depressão em maior escala podem resultar no desenvolvimento de zonas úmidas e oferecer um grande reservatório de armazenamento de água, conseqüentemente seu impacto sobre a enchente depende se tais sistemas estão conectados a uma rede de rios ou se são sistemas endorréicos, sem fluxo de saída natural (ACREMAN & HOLDEN, 2013).

A topografia da planície de inundação com conexão para o rio é um fator ainda mais importante (ACREMAN, 2013), pois o percurso da água, superficial ou

subterrânea, controla a velocidade do movimento da água e influencia na sua qualidade, tais como o pH, soluto e teor de sedimentos. As vias de fluxo em qualquer bacia hidrográfica variam com o clima, a topografia, tipo do solo, cobertura vegetal e uso da terra (BURT, 2001). Os processos de escoamento não são independentes um do outro e a água pode viajar sobre a superfície num ponto, podendo mais tarde tomar a forma de fluxo subterrâneo e vice-versa (MCDONNELL, 2003). Desta forma, a morfologia das áreas úmidas controla sua capacidade de reter a água na superfície, de reduzir as inundações e a existência de depressões e cordilheiras auxiliam a retenção de água (ACREMAN & HOLDEN, 2013).

Em termos gerais, a pesquisa de FANTIN-CRUZ et al. (2011) verificaram que a distribuição das principais unidades fitofisionômicas está relacionada com a topografia da planície de inundação, pois esse fator determina a magnitude, a frequência e a duração da inundação. Observaram ainda, que o campo cerrado, situado nas encostas mais altas, é caracterizado por árvores, incluindo *Byrsonima orbignyana* A. Juss., *Achornea discolor* Poepp., *Bactris glaucescens* Drude, *Licania parvifolia* Huber e *Curatella americana* L.. O cambarazal, dominado principalmente pela *Vochysia divergens* Pohl, é encontrado em áreas intermediárias das encostas. O espinheiral, que consiste de uma comunidade dominada por espécies arbustivas e trepadeiras espinhosas, como a *Mimosa pellita* Humb. & Bonpl. ex Wild., e *Cissus spinosa* Cambess, ocorrem onde a inundação é mais profunda e duradora. E, a vegetação ciliar cresce nas margens dos rios.

O Pantanal apresenta altitudes entre 100 a 180 m que apresentam um relevo baixo e plano com gradiente hidráulico regional não superior a 15 cm.km<sup>-1</sup>. (DNOS, 1974).

Essas relações fornecem claras evidências sobre a importância da geomorfologia local da planície de inundação para determinar os padrões de fluxo das águas superficiais, e sugerem que estudos ecológicos das planícies aluviais devem levar em consideração a variação geomorfológica e o resultado dos padrões de variabilidade espacial de inundação (FANTIN-CRUZ et al., 2011).

## **2.2 OS PROCESSOS DE INUNDAÇÃO E ALAGAMENTO EM ÁREAS ÚMIDAS**

As áreas úmidas prestam serviços importantes para o meio ambiente, tais como o armazenamento e purificação da água, a retenção de sedimentos, a recarga do nível de água do solo, a regulação do clima local e regional e a manutenção de uma grande biodiversidade. Estima-se que as áreas úmidas brasileiras ocupem aproximadamente 20% do território nacional (JUNK et al., 2012).

A influência de uma área úmida sobre as inundações depende do tipo de área úmida e de seu estado hidrológico, sendo assim, é preciso considerar a classificação das áreas úmidas com base em definições hidrológicas, morfológicas e de paisagem (BULLOCK & ACREMAN, 2003; BRINSON, 1993).

Em relação às definições hidrológicas é importante conhecer qual o mecanismo de abastecimento de água das áreas úmidas de água doce, o qual pode ocorrer por precipitação, água subterrânea ou corpo d'água superficial (AGREMAN & MILLER, 2007). No entanto, muitas áreas úmidas possuem dois ou mais destes mecanismos de abastecimento de água.

A localização e a paisagem são aspectos importantes a serem observados, pois definem amplamente se as áreas úmidas estão à montante ou a jusante das áreas de geração da inundação. Deste modo, há uma maior probabilidade da área úmida localizada a montante ser dominada pela precipitação, enquanto a localizada à jusante ser dominada pela vazão de algum corpo hídrico. Algumas áreas úmidas são separadas da rede de rios e podem ser alimentadas principalmente por águas subterrâneas, como exemplo os pântanos localizados em regiões com depressões topográficas, o que favorece o afloramento da água subterrânea (ACREMAN & HOLDEN, 2013).

As inundações são partes vitais de muitos ecossistemas (BENKE, 2001; MOSEPELE ET AL., 2009). A conectividade lateral entre rios e suas planícies de inundação durante o pulso de inundação é uma força motriz essencial para o ecossistema dos rios (JUNK et al., 1989; TOCKNER et al., 2000) trazendo água, sedimentos e ricos nutrientes que produzem solos férteis, habitats para aves, áreas de desova para peixes e irrigação natural que proporciona pastos verdejantes para a

criação de gado (SPARKS, 1995). De fato, a dinâmica da inundação é necessária para a sobrevivência para muitas zonas úmidas, e, portanto, os esforços para reduzir a inundações a montante podem ameaçar a existência dessas zonas úmidas (ZEDLER & KERCHER, 2005).

Assim, nas planícies de inundação, a extensão e profundidade da inundação são determinadas principalmente pela variação topográfica e pelas fontes de água de inundação, que podem ter origem em um aumento da superfície freática, pelo fluxo de água ao longo da margem do rio, ou pela acumulação local da precipitação (JUNK et al, 1989). As características do solo também podem influenciar padrões espaciais de inundação (POOLE et al., 2002). Identificar a (s) fonte (s) e os trajetos da água de inundação são fundamentais para compreender o processo de inundação como uma força estruturante para os padrões ecológicos da planície (FANTIN-CRUZ et al., 2011).

O Pantanal possui uma hidrografia formada por grandes rios, como o Paraguai, Cuiabá, São Lourenço, Piquiri, Taquiri, Negro, entre outros. Essa complexa rede hidrográfica, em conjunto com diversos tipos de solos, dá origem a uma enorme variedade de paisagens (DNOS, 1974).

### **2.2.1 Fatores que influenciam na quantidade de água do solo disponível às plantas**

Existem relações entre os potenciais d'água do solo e as duas condições que determinam os limites da capacidade de retenção de água disponível: a quantidade de água retida na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente. Esse conceito de controle de energia deve ser levado em conta quando consideramos as diversas propriedades do solo que afetam a quantidade de água que um solo pode armazenar para uso da planta.

A influência da textura na capacidade de campo, no ponto de murcha permanente e na capacidade de água disponível. À medida que a textura fica mais fina, há um aumento geral na capacidade de água disponível de solos arenosos para franco e franco-siltosos. As plantas que crescem em solos arenosos são mais propensas a sofrerem com a seca do que as que crescem em um solo franco-siltoso. No entanto, os solos argilosos freqüentemente fornecem menos água disponível do que solos

franco-siltosos bem estruturados, já que as argilas tendem a ter um ponto de murcha permanente elevado.

A matéria orgânica do solo afeta, direta e indiretamente, a sua disponibilidade de água. No que diz respeito à quantidade de água disponível para as plantas, ela afeta indiretamente porque ajuda a estabilizar a estrutura do solo e aumentar o seu volume total, bem como o tamanho dos seus poros. Isso resulta em um aumento da infiltração e da capacidade de retenção de água e também no aumento simultâneo da quantidade de água retida no ponto de murcha permanente.

A compactação do solo freqüentemente reduz a quantidade de água que as plantas podem absorver. Primeiramente, é preciso considerar que, à medida que as partículas de argila são forçadas a se aproximarem umas das outras, a resistência do solo pode aumentar e se tornar fator limitante à penetração das raízes, diminuindo a porosidade total e assim menos água vai ser retida na capacidade de campo e com o aumento da quantidade de microporos, aumentará também o valor do ponto de murcha permanente o que diminuirá o teor de água disponível. Os efeitos da compactação sobre o crescimento das raízes são mais pronunciados em solos secos.

Desta forma, a água disponível às plantas é aquela que não é retida tão fortemente pelo solo de modo que não possa ser absorvida pelas raízes, mas que também não está tão fracamente retida para que possa ser livremente drenada pela força da gravidade. O intervalo hídrico ótimo é quando o solo apresenta grande parte do seu espaço poroso ocupado pela água, restando menos de 10% preenchido pelo ar. (fls. 173 a175).

### **2.2.2 Fatores que influenciam a condutividade hidráulica em solos saturados**

A água no solo flui em resposta a gradientes de energia, deslocando-se de uma zona de maior para outra de menor potencial hídrico. Assim, são reconhecidos três tipos de fluxos da água no solo, sendo eles: fluxo saturado, fluxo não saturado e movimento de vapor. Interesse neste estudo, o fluxo saturado ocorre quando os poros do solo estão completamente preenchidos (saturados) com água.

Desta forma, qualquer ocorrência que afete o tamanho e a configuração dos poros do solo influenciará a sua condutividade hidráulica. Os macroporos (raio > 0,08mm) e a interconectividade entre os poros respondem por quase todo movimento de água em

solos saturados. Contudo, o ar aprisionado em solos rapidamente molhados pode bloquear os poros e assim reduzir as suas condutividades hidráulicas, assim como os poros não interconectados que atuam como bloqueadores do fluxo da água.

Os solos arenosos, por terem normalmente mais espaço de macroporos, têm condutividades hidráulicas maiores do que os argilosos e a condutividade saturada de solos cobertos por vegetação perene é normalmente maior do que aqueles anualmente cultivados.

Para medição do conteúdo de água no solo, sendo eles: o método gravimétrico e os métodos eletromagnéticos.

### **2.3. FUNÇÕES DE PEDOTRANSFERÊNCIA**

O solo é um recurso natural notável, com atributos e propriedades que lhe permitem sustentar florestas exuberantes em ambientes naturais, ricas em fauna e a flora, fornecendo-lhes as condições necessárias para o seu desenvolvimento. Trata-se de um material poroso, que permite a penetração de raízes e o suprimento de água e de nutrientes para as plantas (RAIJ, 2011).

O estudo da física do solo procura atingir um entendimento básico dos mecanismos que governam o comportamento do solo e seu papel na biosfera, incluindo processos inter-relacionados como a troca de energia terrestre, os ciclos da água e os materiais transportáveis de campo (FERREIRA et al., 2003).

Os solos hidromórficos estão sujeitos à alternância natural de períodos de alagamento e secamento, que conduzem a uma formação e características diferenciadas. Estes solos guardam estreita relação com a natureza do material de origem e com os processos de deposição e sedimentação (CORINGA et al., 2012). O tipo de interação entre a dinâmica da água do solo e as áreas alagáveis dependem da localização geomorfológica da área, influenciando nas interações entre as propriedades hidráulicas e hidrológicas. As propriedades hidráulicas apresentam uma grande variabilidade espacial devido à heterogeneidade do solo, sendo a textura um dos fatores determinantes dessa heterogeneidade (RAMOS, 2011).

A qualidade do solo infere na capacidade de um solo específico de produzir, considerando o tipo de ecossistema, se é natural ou manejado, de sustentar a vegetação e na produtividade de animais, podendo também manter ou melhorar a qualidade da água e do ar. (SOJKA & UPCHURCH, 1999).

Para Karlen et al. (2003), a qualidade do solo se tornou um instrumento científico, internacionalmente aceita, por proporcionar o avanço na avaliação e compreensão dos recursos do solo. Os fatores mais relacionados com o conceito de qualidade do solo a ser considerados são os de que solos têm propriedades e processos inerentes e dinâmicos e que a avaliação de qualidade do solo tem que refletir processos das propriedades biológicas, físicas e químicas e as suas interações.

Embora as propriedades hidráulicas do solo possam ser medidas diretamente, podem-se utilizar as funções de pedotransferência que preveem as propriedades hidráulicas a partir das coletas de solo em visitas de campo, podendo ser uma boa alternativa, visto que a medição direta pode tornar-se dispendiosa e demorada para a determinação destas propriedades (WÖSTEN et al., 1999), e por vezes os resultados obtidos não serem confiáveis, devido à heterogeneidade do solo associado e erros experimentais (AIMRUN & AMIN, 2009).

### **2.3.1. Estimativa das propriedades hidráulicas do solo usando Rosetta**

Rosetta é um algoritmo que calcula os parâmetros de retenção de água no solo,  $K_s$  e condutividade hidráulica insaturada utilizando funções de pedotransferência hierárquicos baseados em cinco níveis de entrada de dados. É de grande utilidade prática, permitindo flexibilidade para o usuário em relação aos dados de entrada necessários. O primeiro nível (H1) consiste em fornecer parâmetros médios para cada uma das classes de textura do USDA. O segundo nível (H2) utiliza valores de H1, mais frações de areia, silte e argila como entradas e fornece um parâmetro hidráulico que varia continuamente com textura. O terceiro nível (H3) inclui os preditores utilizados em nível H2 e a densidade seca do solo. O quarto nível (H4) usa H3 e umidade volumétrica do solo ( $\theta$ ) em uma água de sucção de 33kPa. O último nível (H5) consiste de todos os outros parâmetros, H4, mais o  $\theta$  em uma sucção de água de -1.500kPa. Enquanto H1 é uma tabela simples com parâmetros

médios hidráulicos para cada classe textural, todos os outros modelos envolvem uma combinação de redes neurais e o método bootstrap.

Em Rosetta, a relação entre  $\theta_e$  de sucção de água ( $h$ ), ou seja, a retenção de água [ $\theta(h)$ ], bem como da condutividade hidráulica saturada e insaturada, são descritos com a bem conhecida equação Mualem-Van Genuchten e é dada por:

$$\theta(h) = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{\left[1 + (\alpha h)^n\right]^m}$$

Em que,  $\theta(h)$  é o conteúdo volumétrico de água no solo ( $m^3 m^{-3}$ ) para uma determinada altura de sucção  $h$  (cm);  $\theta_s$  e  $\theta_r$  são conteúdo de água no solo saturado e residual ( $m^3 m^{-3}$ ) a  $h = 0$  cm e  $-15.000$  cm, respectivamente;  $\alpha (>0, \text{ em } cm^{-1})$  está relacionada como inverso da entrada de sucção de ar; e  $n (>1)$  é uma medida da distribuição de tamanho de poros de e  $m = 1 - 1/n$ . A condutividade hidráulica no solo insaturado,  $K(S_e)$ , é descrito com o modelo de Genuchten Mualem-Van como:

$$K(S_e) = K_0 S_e^L \left[ 1 - \left( 1 - S_e^{\left(\frac{n}{n-1}\right)} \right)^m \right]^2$$

Em que,  $K_0$  é um valor associado ao valor de  $K$  à saturação ( $cm d^{-1}$ ), podendo ser similar, mas sendo considerada igual a  $K_s$ , e  $L$  é um factor de conectividade dos poros (negativa na maioria dos casos). A saturação efectiva ( $S_e$ ) é dada por:

$$S_e = \frac{(\theta(h) - \theta_r)}{(\theta_s - \theta_r)} = \left[ \frac{1}{1 + (\alpha x h)^n} \right]^m$$

Portanto, a condutividade hidráulica relativa  $K_r(h)$  é dada por:

$$K_r(h) = \frac{\left[ 1 - (\alpha x h)^{n-1} \left[ 1 + (\alpha x h)^n \right]^m \right]^2}{\left[ 1 + (\alpha x h)^n \right]^{\frac{m}{2}}}$$

Que é uma função dada pelo quociente da função da produtividade hidráulica,  $K(h)$  para condutividade hidráulica saturada,  $K_s$ . Em resumo, os sete parâmetros calculados com o Rosetta são:  $\theta_r$ ,  $\theta_s$ ,  $\alpha$ ,  $n$ ,  $K_s$ ,  $K_0$  e  $L$ .

### 2.3.2. Estimativa das propriedades hidráulicas do solo usando wösten

As propriedades hidráulicas do solo são afetadas pela textura e estrutura do solo, teor de matéria orgânica, fenômenos de expansão de argilas, dispersão de partículas, formação de crosta, concentração e composição iônica da solução de solo e ainda pelas práticas culturais, originando grande variabilidade espacial. Para melhor compreender essa variabilidade espacial têm sido criadas internacionalmente, bases de dados que procuram reunir os estudos existentes, relacionando as propriedades hidráulicas dos solos com outras características do solo, nomeadamente, as suas propriedades básicas. Os exemplos mais relevantes são a HYPRES (HYdraulic PROPERTIES of European SOils) (Wösten et al., 1999), que reúne a informação existente na Europa, e a UNSODA (UNsaturated SOil hydraulic DATAbase) (Nemes et al., 21), que reúne a informação existente produzida a nível mundial. A partir da informação existente na base de dados UNSODA, Carsel e Parish (1988) e Schaap et al. (1998) publicaram os parâmetros médios do modelo de Mualem-van Genuchten para cada classe textural, segundo a classificação USDA. Para os limites da escala de Atterberg, recomendada pela Sociedade Internacional de Ciência do Solo e seguida pela Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo, essa informação não existe. Este trabalho tem como objetivo estudar a variabilidade das propriedades hidráulicas dos solos portugueses em cada classe textural do diagrama triangular de Gomes e Silva (RAMOS, 2011)

As propriedades hidráulicas do solo foram estimadas de acordo com WÖSTEN et al. (1999).

Tabela 1 - Funções de pedotransferência contínuas para a predição de propriedades hidráulicas, em que  $\theta_s$  um parâmetro do modelo,  $\alpha^*$ ,  $n^*$ ,  $l^*$  e  $K_s^*$  foram adaptados pelas equações de Mualem-van Genuchten;  $c$  é a percentagem de argila (por exemplo, percentagem  $< 2\mu\text{m}$ ).

---

#### Funções de pedotransferência contínuas

---

$$\theta_s = 0,7919 + 0,001691 * C - 0,29619 * D - 0,000001491 * S^2 + 0,0000821 * OM^2 + 0,02427 * C^{-1} + 0,01113 * S^{-1} + 0,01472 * \ln(S) - 0,0000733 * OM * C - 0,000619 * D * C - 0,001183 * D * OM - 0,0001664 * \text{topsoil} * S$$


---

---


$$\alpha^* = -14,96 + 0,03135 * C + 0,0351 * S + 0,646 * OM + 15,29 * D - 0,192 * \text{topsoil} - 4,671 * D^2 - 0,000781 * C^2 - 0,00687 * OM^2 + 0,0449 * OM^{-1} + 0,0663 * \ln(S) + 0,1482 * \ln(OM) - 0,04546 * D * S - 0,4852 * D * OM + 0,00673 * \text{topsoil} * C$$


---

$$n^* = -25,23 - 0,02195 * C + 0,0074 * S - 0,1940 * OM + 45,5 * D - 7,24 * D^2 + 0,0003658 * C^2 + 0,002885 * OM^2 - 12,81 * D^{-1} - 0,1524 * S^{-1} - 0,01958 * OM^{-1} - 0,2876 * \ln(S) - 0,0709 * \ln(OM) - 44,6 * \ln(D) - 0,02264 * D * C + 0,0896 * D * OM + 0,00718 * \text{topsoil} * C$$


---

$$l^* = 0,0202 + 0,0006193 * C^2 - 0,001136 * OM^2 - 0,2316 * \ln(OM) - 0,03544 * D * C + 0,00283 * D * S + 0,0488 * D * OM$$


---

$$K_s^* = 7,755 + 0,0352 * S + 0,93 * \text{topsoil} - 0,967 * D^2 - 0,000484 * C^2 - 0,000322 * S^2 + 0,001 * S^{-1} - 0,0748 * OM^{-1} - 0,643 * \ln(S) - 0,01398 * D * C - 0,1673 * D * OM + 0,02986 * \text{topsoil} * C - 0,03305 * \text{topsoil} * S$$


---

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A floresta sazonalmente inundável estudada está localizada no Parque Baía das Pedras da Estância Ecológica do Serviço Social do Comércio (SESC) do Pantanal, entre as latitudes  $16^{\circ} 29' 04''$  S e  $16^{\circ} 29' 10''$  S e longitudes  $56^{\circ} 25' 25''$  O e  $56^{\circ} 25' 36''$  O (Figura 1), próxima à cidade de Poconé, Mato Grosso.

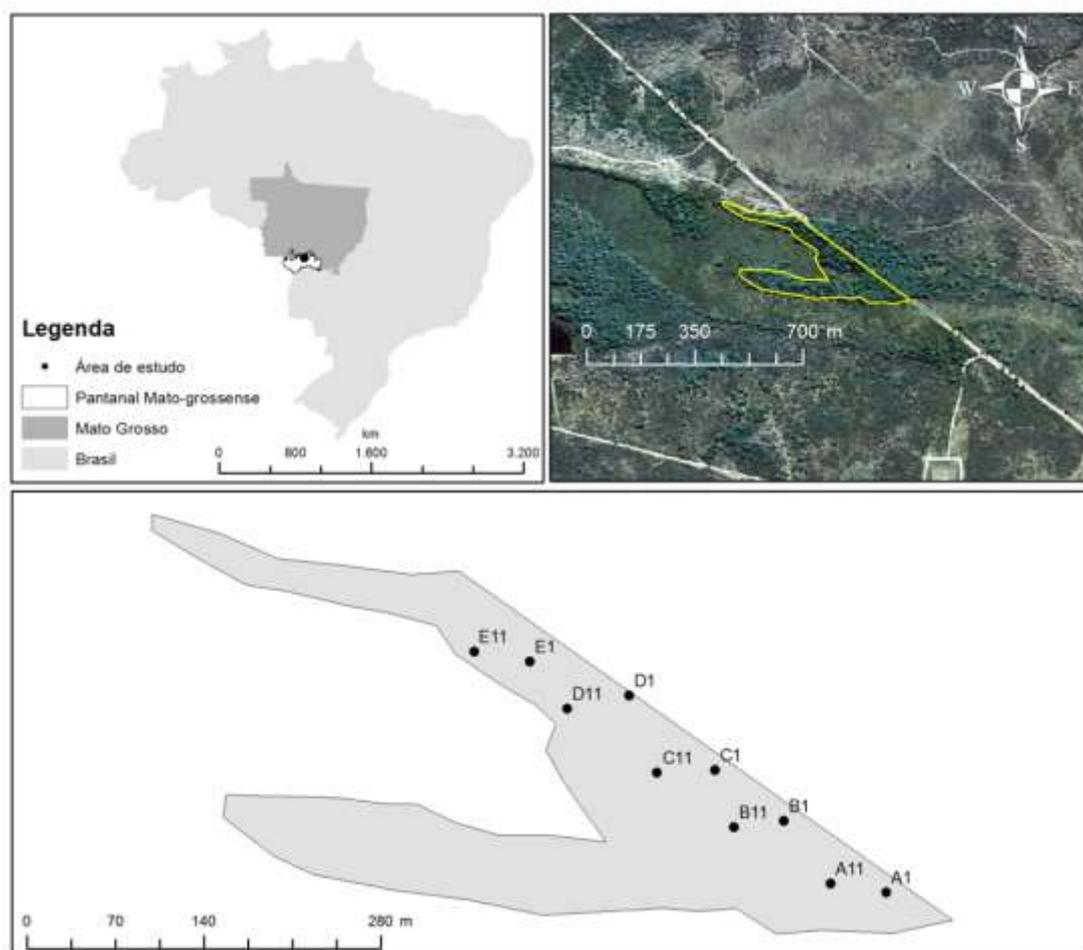


Figura 1 - Localização da área de estudo em floresta sazonalmente inundada no Pantanal mato-grossense, Brasil (Machado, 2013).

Foram demarcados, georreferenciados e delimitados em uma área de 5,87 ha (figura 1), cinco transectos denominados A, B, C, D e E com dimensões de 50 metros

de comprimento e 80 metros de distância entre si, cada transecto foi demarcado com 11 pontos de amostragem com espaços de 5 metros entre cada ponto. A área apresentou uma superfície inclinada no sentido SE/NO cuja menor cota topográfica aferida foi de 116,52 m (transecto A) e a maior de 116,78 m (transecto C), apresentando uma variação topográfica 26 cm característica de uma planície.

A área de estudo representa uma região composta de vegetação monodominante *Vochysia divergens* Phol (33%), conhecida popularmente por Cambarazal ou Cambará, se trata de uma espécie lenhosa que apresenta o dossel fechado, a altura das árvores varia entre 10-20 m. As espécies com maior abundância relativa além do objeto deste estudo foram a *Licania parvifolia* (17%) e *Mouriri elliptica* (15%). O entorno do espaço delimitado é formado por áreas de pastagem.

O clima regional é do tipo Aw, segundo a classificação climática de Köppen, quente e úmido com chuvas no verão e estiagem no inverno. A precipitação pluviométrica oscila entre 800 e 1400 mm/ano, sendo que 80% ocorrem entre novembro a março (FANTIM CRUZ et al., 2010). A média anual de temperatura do ar oscila entre um máximo de 29 a 32°C e um mínimo de 17 a 20°C (BRASIL, 1997). A topografia da planície de inundação é praticamente plana, levando a inundações durante a estação chuvosa (FANTIM CRUZ et al., 2010). Os solos são de origem sedimentar, ocorrendo em fase argilosa e arenosa de forma alternada e descontínua, com a dominância de solos hidromórficos compondo 92,5% do total (AMARAL FILHO, 1984). Medidas do perfil superficial do solo entre 0 a 20 cm de profundidade demonstraram um solo ácido (pH=5,7) e pouco drenado pela predominância da textura argilosa (44%) seguido pela textura arenosa (28%).

### **3.2 LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO DA ÁREA EXPERIMENTAL**

O levantamento planialtimétrico da área de estudo foi realizado utilizando basicamente o método de nivelamento geométrico composto sem contranivelamento, cujo objetivo foi determinar a diferença de nível entre pontos da superfície em relação a outros.

Tal procedimento teve como pré-requisito conhecer pelo menos uma cota em cada Transecto em estudo. Assim, os materiais utilizados para esse realizar esse levantamento foram: dois receptores (GPS Sight, modelo GTR-A e GTR-ABT), geodésico com 12 canais paralelos para sintonia de até 12 satélites simultaneamente.

De posse desses GPSs de precisão foi calibrada a cota topográfica de um ponto próximo da área de estudo, mais especificamente próximo ao Transecto A. Desta forma, partindo do ponto conhecido e utilizando os seguintes materiais:

- 01 nível ótico BasicLevel – 1.0 da marca Leica: para a determinação de superfícies horizontais; 01 mira: réguas graduadas milimetricamente colocadas verticalmente nos pontos a nivelar e nas quais são aferidas três leituras. Sendo elas: leitura do fio inferior (ré – ou vante -), leitura do fio médio (ré ou vante) e leitura do fio superior (ré + ou vante +); 01 trena: Fita métrica utilizada para medir a distância entre o nível e a mira para posterior averiguação dos resultados obtidos; e 09 estacas de madeiras com dimensões de 5 x 3 x 150 cm que auxiliaram a efetuar as visadas intermediárias entre uma linha e outra.

Partindo do ponto conhecido e de posse desses instrumentos, foi possível passar para a fase seguinte que se fundamentou em transcorrer todos os Transectos (A, B, C, D e E), e ao longo do percurso demarcar um ponto conhecido dentro de cada um deles. Desta forma foi possível efetuar o nivelamento topográfico de cada Transecto e conhecer suas diferenças de altitude.

Os pontos A4, B7, C2, D6 e E3 foram os pontos em que se apoiou o nivelamento do seu respectivo Transecto. A partir deles todos os outros foram medidos e amarrados. É importante salientar que em cada Transecto foram demarcados 11 pontos com equidistância de 5 metros.

### **3.3 MEDIÇÕES HIDROMICROMETEOROLÓGICAS**

As medições foram efetuadas no exterior da floresta, durante o período de janeiro de 2012 a dezembro de 2013, por uma estação micrometeorológica (modelo WXT520, Vaisala Inc., Helsinki, Finland) que foi instalada à 2 km ao sul da floresta sazonalmente inundada. As seguintes variáveis foram monitoradas: temperatura do ar

(°C), umidade relativa (%) e precipitação acumulada diária (mm). Os dados foram armazenados, em intervalos de 30 minutos, em um datalogger (modelo CR1000, Campbell Scientific, Logan, Utah, USA), conectado a uma bateria de 12V com uma placa solar (45 W).

### 3.3.1 Medição da lâmina d'água do alagamento

A lâmina d'água foi medida, em intervalos mensais, com uma trena graduada nos 55 pontos de amostragem demarcados nos transectos A, B, C, D e E, durante os períodos de inundação referentes a dezembro a junho de 2012 e dezembro a junho de 2013.



Figura 2: Ponto de amostragem e trena graduada para monitoramento da inundação em área de estudo no Pantanal mato-grossense no ano de 2013.

### 3.3.2 Medição da Umidade do Solo

Para determinação da umidade do solo foram utilizados o método gravimétrico e o sensor portátil tipo TDR (Hidrossense II Mod. CS620, Campbell Sci., EUA). O sensor tipo TDR (Reflectometria no Domínio do Tempo).

O sistema de medição de umidade do solo Hidrossense combina uma tela portátil compacta e uma sonda de detecção da água no solo sofisticado em um pacote portátil para fornecer medições rápidas e confiáveis de conteúdo de água no solo. Cada medição durou aproximadamente um segundo, bastou inserir as hastes a 12 cm

de profundidade do solo nos 55 pontos de amostragem. As medições pelo hidrossense foram realizadas de agosto a novembro/2012 por volta das 14h.

A umidade do solo, em cada um dos 55 pontos, foi feita pelo TDR (Hidrosense TM., Campbell Scientific, Austrália), calibrado pelo método gravimétrico, Equação 11.

### 3.4 ESTRUTURA E DIVERSIDADE DA VEGETAÇÃO

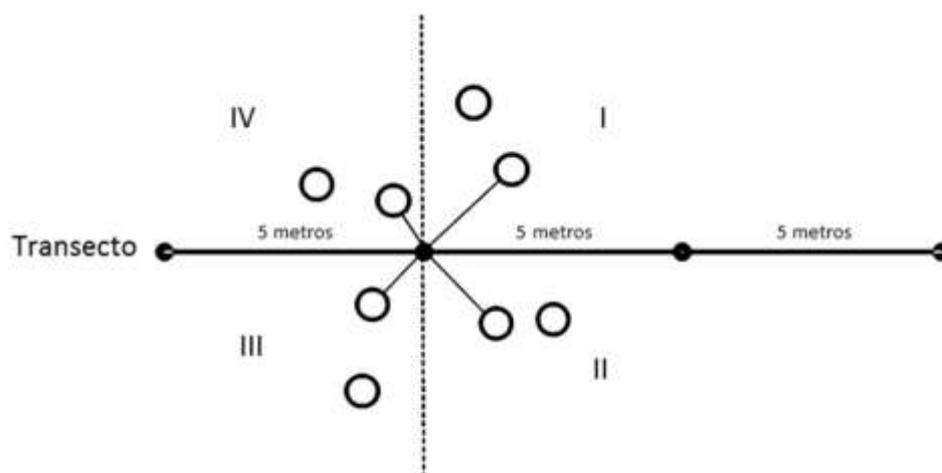
Para caracterizar a estrutura da vegetação em cada transecto foi calculada a densidade absoluta, área basal, frequência, valor de importância e diversidade, utilizando o Método do Quadrante do Ponto Central (Point-Centered Quarter Method – PCQM) (MITCHELL, 2007). Em cada ponto, 04 quadrantes foram estabelecidos e foi mensurada a menor distância do ponto central até a árvore cuja circunferência fosse maior que 20 cm na altura do peito (1,3 m) (Figura 2). Todos os indivíduos amostrados foram identificados e marcados com placas de plástico numeradas para fins de monitoramento em longo prazo. Em casos de plantas com múltiplos caules, cada um deles foi medido separadamente, e a soma de suas áreas basais foi considerada a área basal da planta.

A densidade absoluta ( $\lambda$ ) das árvores foi definida pelo número de árvores por unidade de área. As distâncias medidas usando o PCQM foram utilizadas para estimar a densidade absoluta por ponto. Para tanto, foi necessário calcular a distância média ( $\bar{r}$ ) para cada ponto a partir da soma das distâncias das árvores dividida pelo número de quadrantes.

A estimativa da densidade média para cada ponto (árvores/hectare), conforme Mitchell (2007) foi dado pela equação:

$$\lambda = \frac{1}{\bar{r}^2} \times 10.000$$

em que,  $\lambda$  é a densidade absoluta dos indivíduos em cada ponto no transecto  $\bar{r}$  é a distância média da árvore até o ponto.



**Figura 2:** Pontos de amostragem ao longo do transecto com a árvore mais próxima do ponto central em cada quadrante (I, II, III, IV).

A densidade absoluta de cada espécie é o número esperado de árvores de cada espécie por hectare. Ela é estimada como uma proporção dos quadrantes na qual a espécie é encontrada e multiplicada pela densidade total de todas as árvores por transecto, conforme a equação:

$$\hat{\lambda} = \frac{\text{quadrantes com a espécie}}{4n} \times \lambda$$

em que,  $\lambda$  é a densidade absoluta de cada espécie no transecto,  $n$  é o número de pontos em um transecto, e  $\lambda$  é a densidade absoluta do transecto.

O índice de densidade relativa de cada espécie por transecto é a porcentagem do número total de observações da espécie, conforme a equação:

$$IDR = \frac{\text{quadrantes com a espécie}}{4n} \times 100$$

em que, IDR é o Índice de Densidade Relativa da espécie no transecto, e  $n$  é o número de pontos em um transecto.

A cobertura absoluta ou dominância de um indivíduo de árvore é medida pela sua área basal. Para calcular a cobertura absoluta é necessário converter a

circunferência (cm) em diâmetro ao dividi-la por  $\pi$  (3,14). Portanto, a área basal ( $m^2$ ) para cada árvore foi dada por:

$$AB = \frac{\pi d^2}{10.000}$$

em que,  $AB$  é a Área Basal do indivíduo da espécie no transecto,  $\pi$  é pi (3,14), e  $d$  é o diâmetro da árvore.

A cobertura absoluta ou dominância de um indivíduo de árvore é expressa como sua área basal ( $m^2$ ) por hectare, conforme a equação:

$$CA = AB \times D$$

em que,  $CA$  é a Cobertura Absoluta do indivíduo da espécie no transecto,  $AB$  é a Área Basal do indivíduo da espécie no transecto, e  $D$  é a Densidade do indivíduo da espécie no transecto.

O índice de cobertura relativa de uma espécie foi calculado por:

$$ICR = \frac{AB_k}{AB_t} \times 100$$

em que,  $ICR$  é o Índice de Cobertura Relativa de um espécies no transecto,  $AB_k$  é a área basal da espécie no transecto, e  $AB_t$  é a área basal de todas as árvores do transecto.

A frequência absoluta de uma espécie é a percentagem do número de pontos na qual a espécie ocorre, conforme a equação:

$$FA = \frac{\text{número de quadrantes com a espécie}}{\text{número total de quadrantes do transecto}} \times 100$$

em que,  $FA$  é a Frequência Absoluta da espécie no transecto.

O índice de frequência relativa de uma espécie foi calculado, conforme a equação:

$$IFR = \frac{FA}{FAT} \times 100$$

em que, *IFR* é o Índice de Frequência Relativa da espécie no transecto, *FA* é a Frequência Absoluta da espécie no transecto, e *FAT* é a Frequência Absoluta Total de todas as espécie do transecto.

O valor de importância de uma espécie foi definido como a soma de três medidas relativas. O índice de importância de relativa de uma espécie por transecto foi obtido por:

$$IIR = IDR + ICR + IFR$$

em que, *IIR* é o Índice de Importância Relativa da espécie no transecto, *IDR* é o Índice de Densidade Relativa da espécie no transecto, *ICR* é o Índice de Cobertura Relativa da espécie no transecto, e *IFR* é o Índice de Frequência Relativa da espécie no transecto.

A diversidade de espécies de cada transecto foi calculada com base no Índice de Diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) calculado por:

$$H' = - \sum_{j=1}^{\kappa} IIR_j \log (IIR_j)$$

em que,  $IIR_j$  é o Índice de Importância Relativa da  $j$ -ésima espécie ( $j = 1, \dots, \kappa$ ).

#### 3.4.1 Medição diamétrica da *Vochysia divergens* Pohl

O crescimento de indivíduos de *Vochysia divergens* Pohl foi monitorado por bandas dendrométricas que forneceram as medidas das mudanças na circunferência do tronco das árvores a uma altura de 1,30 m. O incremento diamétrico de cambará

foi monitorado em 34 indivíduos no período de janeiro de 2012 a julho de 2013, sendo que em janeiro e fevereiro não houve medição. Os indivíduos monitorados foram os identificados nos Transectos pelo Método do Quadrante do Ponto Central. A taxa de crescimento diamétrico foi estabelecida pela diferença entre o tempo seguinte e o tempo anterior. O incremento em circunferência foi medido por um paquímetro digital e convertido em incremento diamétrico pela divisão do valor obtido em milímetro (mm) por  $3,14 (\pi)$  (MACHADO,2013).

### **3.5 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO**

A descrição dos perfis do solo em campo compreendeu o registro das suas características, por meio do exame das características morfológicas em amostras deformadas, para isto foram abertas quatro trincheiras com dimensões de 1,00 x 1,50 x 1,70 m entre os Transectos A e B, B e C, C e D e D e E, que foram descritas.

Foi utilizada metodologia recomendada pelo Serviço Nacional de Levantamentos e Conservação de Solos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA/SNLCS, 1982) contido no Manual de Descrição e Coleta de Solos no campo. Os critérios para distinção dos tipos de solos foram baseados em características morfológicas e parâmetros interpretativos, conforme PRADO (1993) e EMBRAPA (1999).

Após a descrição procedeu-se a coleta de amostras de cada horizonte do perfil do solo para análises em laboratório. As cores foram determinadas de acordo com a carta de cores Munsell (1975) e a nomenclatura do solo baseada em PRADO (1993).

#### **3.5.1 Propriedades físicas do solo**

A textura do solo e densidade aparente do solo foram realizadas em amostragens do solo em uma profundidade de 0-10 cm em 55 pontos distribuídos em 5 Transectos (A, B, C, D e E) em dezembro de 2011 e julho de 2012.

Também foram coletadas amostras dos diferentes horizontes das quatro trincheiras entre os Transectos para determinação da textura do solo no perfil do solo, as profundidades de amostragem da Trincheira 1 foram: 0 a 15 cm, 15 a 30 cm, 30 a 120 cm e 120 a 170 cm; Trincheira 2 foram 0 a 10 cm, 10 a 30 cm, 30 a 170 cm,

Trincheira 3 foram 0 a 10 cm, 10 a 30 cm e 30 a 170 cm e Trincheira 4 foram 0 a 10 cm, 10 a 30 cm, 30 a 120 cm e 120 a 170 cm.

A caracterização física do solo foi realizada em duas etapas: a descrição morfológica dos perfis do solo realizada *in loco* e a análise granulométrica das amostras coletadas.

As análises granulométricas, envolvendo o conteúdo de argila, silte e areia foram feitas pelo laboratório de solos do Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Mato Grosso, que utilizou a metodologia da Embrapa (1997).

### **3.5.2 Caracterização física do horizonte superficial do solo**

As amostras do solo foram encaminhadas a um laboratório de análise comercial (Laboratório Plante Certo, Inc., Várzea Grande, Mato Grosso, Brasil) onde foram submetidas à análise física para determinar os teores de areia, silte e argila. A realização das análises pelo laboratório seguiu a metodologia descrita por MALAVOLTA et al. (1989).

## **3.6 ANÁLISE GEOESTATÍSTICA**

A textura do solo e as coordenadas geográficas foram consideradas como variáveis regionalizadas que podem variar continuamente no espaço geográfico. A semi-variância é a ferramenta que foi utilizada para representar a dimensão e estrutura da variabilidade espacial (MESEV, 2007). O modelo de variograma ajustado descreve os padrões espaciais e prevê os valores das variáveis nos locais não amostrados por meio da krigagem. Neste estudo, um modelo exponencial foi ajustado pelo método dos mínimos quadrados ordinários, e os dados foram interpolados por krigagem ordinária. O pacote de software estatístico R e pacote de análise geoestatística geo-R (RIBEIRO & DIGGLE, 2001) foram utilizados durante a análise.

### **3.7 ESTIMATIVA DAS PROPRIEDADES HIDRÁULICAS DO SOLO USANDO ROSETTA**

As propriedades hidráulicas do solo de acordo com o modelo de van Genuchten-Mualem (VAN GENUCHTEN, 1980) foram simuladas por meio do modelo HYDRUS-1D versão 5.0 (ŠIMŮNEK et al., 1998) que utilizou o pacote Rosetta para simulação das propriedades hidráulicas do solo saturado utilizando dados da textura do solo determinado as funções de pedotransferência utilizando abordagens matemáticas e estatísticas e análise de redes neurais (SCHAAP et al., 1998, 2001).

Rosetta é um algoritmo que calcula os parâmetros de retenção de água no solo,  $K_s$ , é a condutividade hidráulica insaturada utilizando funções de pedotransferência hierárquicos baseados em cinco níveis de entrada de dados. Sendo eles: textura (argila, silte e areia), teor de matéria orgânica, densidade aparente

Em resumo, os sete parâmetros calculados com o Rosetta são: conteúdo do solo retido ( $\theta_r$ ), conteúdo do solo saturado ( $\theta_s$ ), inverso da entrada de sucção de ar ( $\alpha$ ), medida de distribuição dos poros ( $n$ ), condutividade do solo saturado ( $K_s$ ), condutividade do solo insaturado ( $K_0$ ) e fator de conectividade entre os poros ( $L$ ).

### **3.8 ESTIMATIVA DAS PROPRIEDADES HIDRÁULICAS DO SOLO USANDO WÖSTEN**

As abordagens para desenvolver PTFs podem ser inteiramente empíricas ou físicoempíricas. Abordagens empíricas tentam achar relações entre as variáveis preditoras e preditas usando análise de regressão ou outros modelos matemáticos. Em uma abordagem físico-empírica, as propriedades dos solos são derivadas com base em alguns princípios físicos (BUDIMAN et al, 2003). As funções de pedotransferência foram estimadas usando a base de dados Hypres apresentadas na Tabela 1.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 CARACTERÍSTICAS MICROMETEOROLÓGICAS

#### 4.1.1 Precipitação

A variabilidade mensal da precipitação pluvial no camarazal está apresentada na Figura 3. O total da precipitação pluvial para o ano de 2012 foi 1637,91 mm e para o ano de 2013 foi 1000,68 mm.

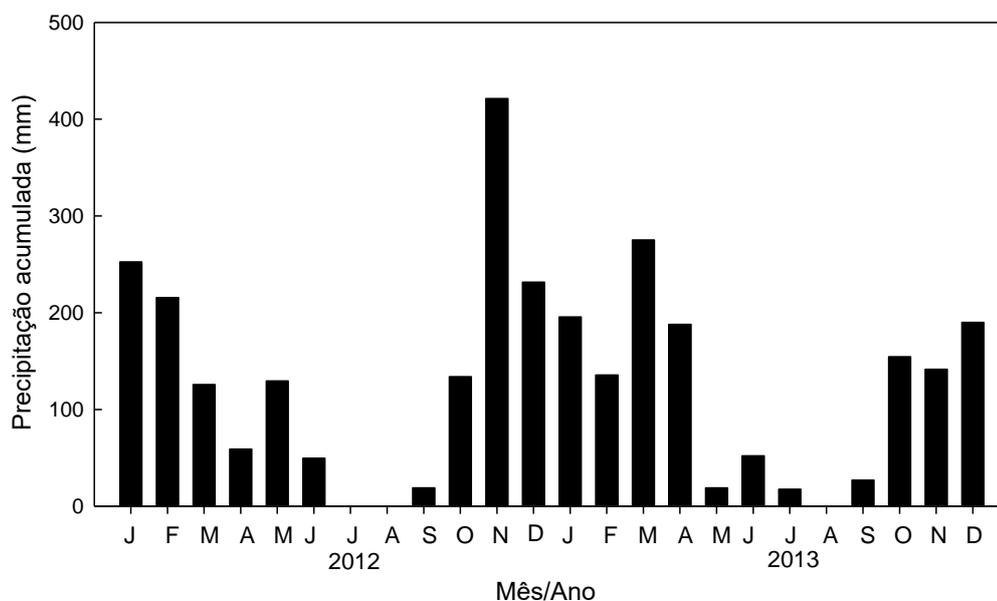


Figura 2 - Total da precipitação acumulada no camarazal referente aos anos de 2012 e 2013.

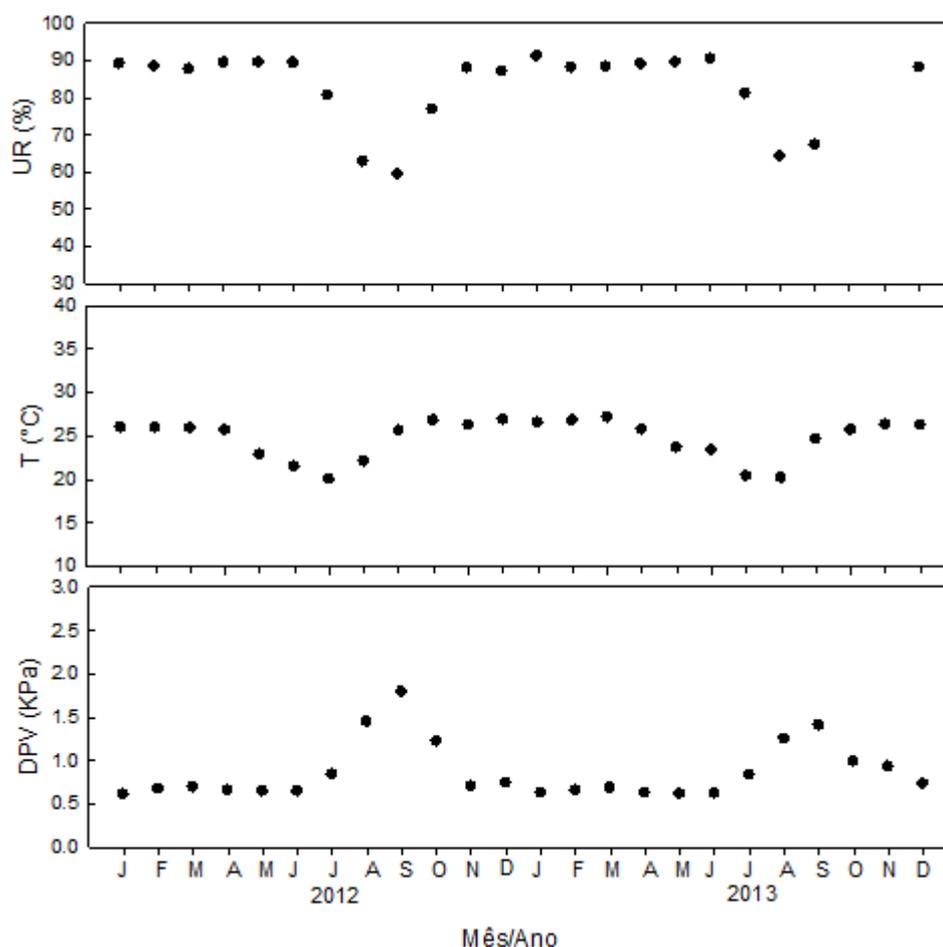
As maiores taxas de Precipitação Acumulada foram registradas no mês de novembro de 2012 apresentando o índice pluviométrico acima de 400 mm, seguido pelo mês de março de 2013 quando apresentou o índice pluviométrico próximo da faixa de 300 mm.

Os menores índices pluviométricos foram registrados em Setembro de 2012, Maio e Junho de 2012, apresentando faixas inferiores a 50 mm/mês.

O ano de 2012 foi o qual apresentou o maior índice de pluviosidade no mês de Novembro, porém apresentou dois meses isentos de registros de precipitação acumulada, sendo eles Julho e Agosto. Já no ano de 2013 apenas no mês de agosto não houve registro de precipitação acumulada.

#### 4.1.2 Temperatura, umidade relativa do ar e déficit de pressão de vapor

GARCEZ & ALVAREZ (1988) afirmam que o aumento de temperatura influi favoravelmente na intensidade de evaporação porque torna maior a quantidade de vapor de água que pode estar presente no mesmo volume de ar. A Figura 7 demonstra o comportamento da média mensal referente à umidade relativa do ar, temperatura do ar e déficit de pressão de vapor nos anos de 2013 e 2014.



**Figura 3 - Média mensal da umidade relativa do ar (%), da temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (b) e do déficit de pressão de vapor (KPa) em floresta sazonalmente inundada no Pantanal Matogrossense, 2012 e 2013.**

Deste modo, a UR (%) apresentou sua taxa mínima na faixa de 60% em Setembro de 2012 e em Agosto de 2013. O comportamento das taxas máximas da UR (%) girou em torno de 90% entre Janeiro a Junho e Novembro e Dezembro dos anos de 2012 e 2013, respectivamente.

A T (°C) apresentou seus valores mínimos em Julho de 2012 e Agosto de 2013. As Temperaturas médias giraram em torno de 25°C entre os meses de Janeiro a Abril e Setembro a Dezembro de 2012, e entre os meses de Janeiro a Março e Outubro a Dezembro de 2013.

O DPV (KPa) apresentou seus valores máximos em torno de 2,0 KPa em setembro de 2012 e 1,5 KPa em setembro de 2013. E, seus valores médios giraram em torno de 0,5 KPa a 1,0KPa de Janeiro a Junho e de Novembro a Dezembro de 2012 e 2013.

A UR (%) e a T (°C) demonstraram comportamentos inversamente proporcional ao DPV (KPa).

#### **4.1.3 Lâmina d'água de inundação**

A inundação não demonstrou comportamento padrão em relação aos anos de 2012 e 2013 (Figura 4).

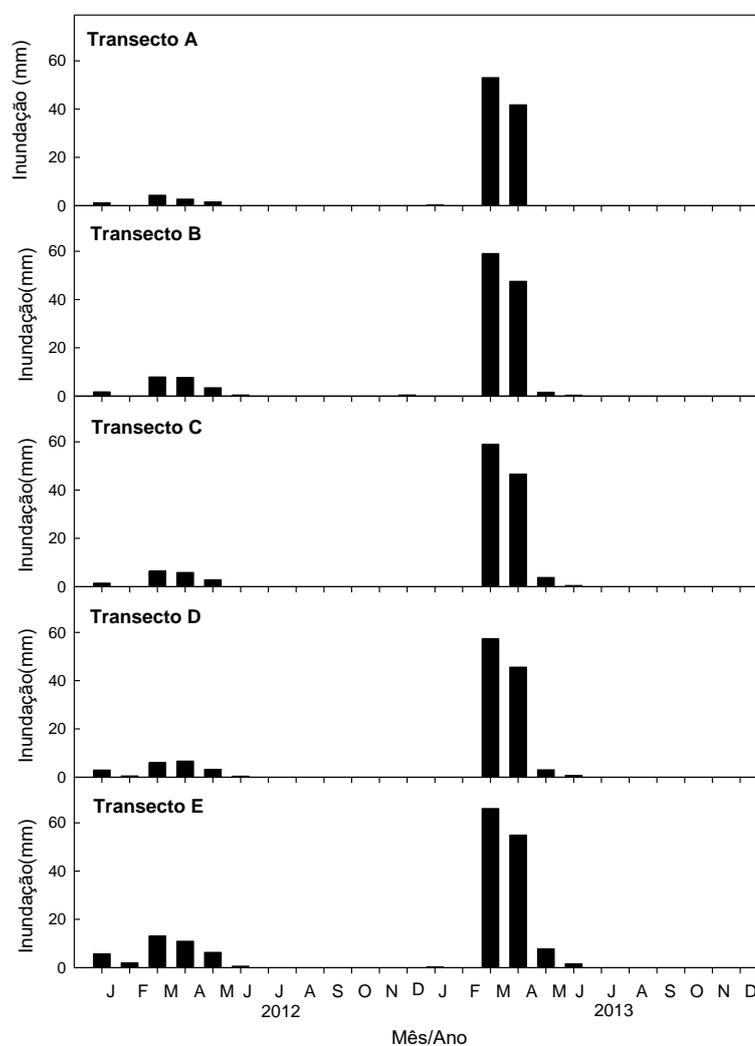
No ano de 2012 houve menor taxa de inundação, não alcançando 20 mm de lâmina d'água, porém os Transectos permaneceram cobertos de água por mais tempo. Os Transectos A e C permaneceram inundados por 4 meses e os Transectos B, D e E permaneceram inundados por 6 meses.

No ano de 2013 houve maior taxa de inundação, cujos pontos monitorados ultrapassaram a faixa dos 60 mm no pico máximo de lâmina d'água, porém o tempo em que os Transectos permaneceram alagados foi de 2 meses no Transecto A, 3 meses no Transecto C, 4 meses nos Transectos B e D, e 5 meses no Transecto E.

No ano de 2012, a inundação pôde ser verificada a partir de janeiro e se estendeu até Junho. Em relação à inundação que ocorreu em 2013 foi possível observar uma significativa mudança de padrão, pois foi observado que em Janeiro houve medição de lâmina d'água apenas no Transecto E, porém, altos índices de

inundação foram detectados a partir do mês de março, que se estendeu até junho nos Transectos B, D e E.

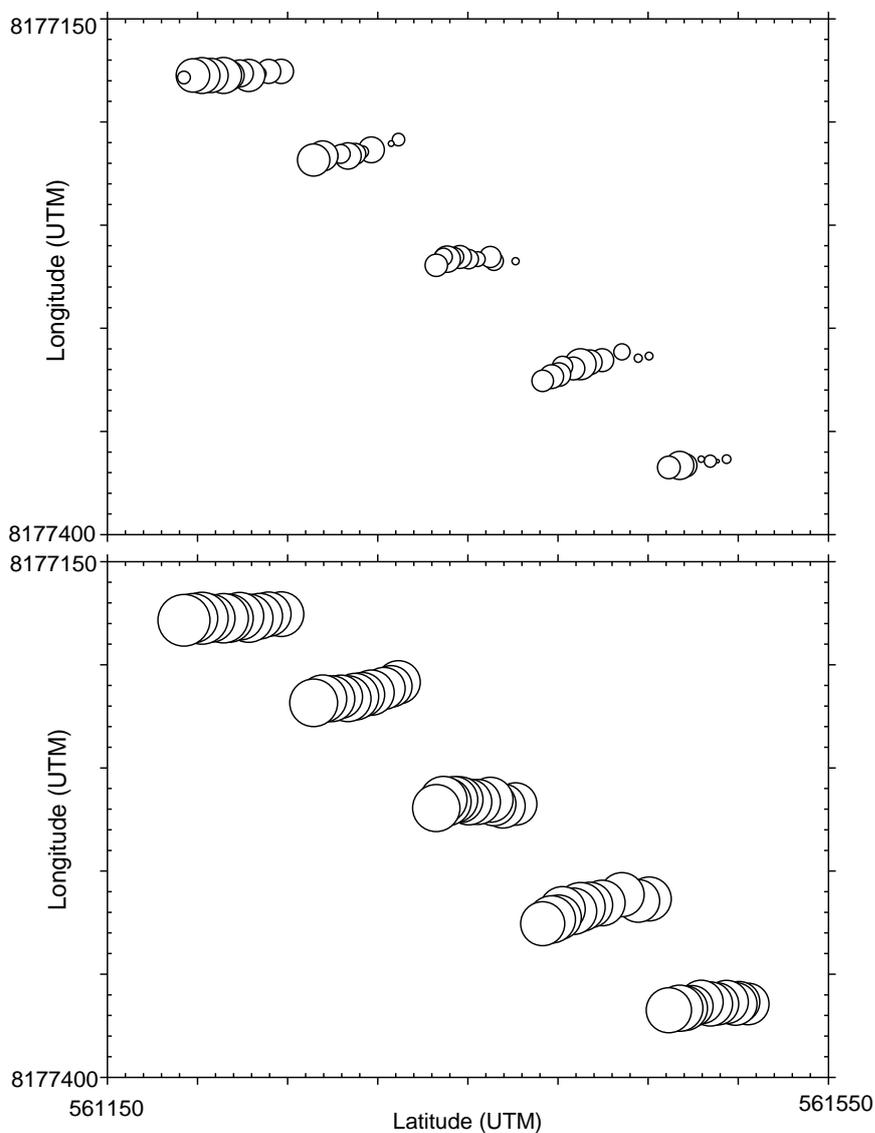
CARDOZO (2009) verificou que as profundidades ao longo do Rio Paraguai no Pantanal, durante quase todo o ano de 2012, estiveram abaixo de sua média climatológica, situação contrária ao observado no ano de 2011, ano em que foi registrado uma das maiores cheias das últimas décadas, e cujas águas atingiram áreas mais altas, que normalmente não inundam.



**Figura 4 - Variabilidade mensal da inundação na área de estudo referente aos anos de 2012 e 2013.**

O comportamento da inundação que ocorreu dentro dos Transectos em 2012 (Figura 5) apresentou maior variabilidade entre os pontos, porém pode-se observar uma varia o basicamente crescente do Ponto 1 até o Ponto 11 nos Transectos A, B, C e D, e no Transecto E observa-se um comportamento padrão no regime de inunda o dos 11 pontos monitorados.

Em rela o ao regime de inunda o que ocorreu em 2013 (Figura 5)   possível verificar que, além de apresentar maior amplitude, apresentou um comportamento uniforme dentro dos Transectos.



**Figura 5 - Comportamento da inundação dentro dos Transectos A, B, C, D e E nos anos de 2012 e 2013.**

MORAES et al. (2013) verificaram que a análise da precipitação mensal dos últimos 15 anos mostrou que 80,7% da precipitação anual incidente no Bioma Pantanal ocorrem na estação úmida, o que representa 1004 mm de chuva, enquanto que na estação seca a incidência de precipitação é de 239 mm. As espacializações anuais das áreas alagadas do Pantanal para os anos de 2000 a setembro de 2012 demonstraram que o pulso de inundação interanual do Pantanal evidenciou uma forte estiagem ocorrida no ano de 2012. Constatando assim que os anos com maiores e menores índices de precipitação no Pantanal foram 2011 e 2012.

Considerando que os níveis de inundação estão diretamente relacionados com os índices de precipitação, as medidas de lâmina d'água dentro da área de estudo nos anos de 2012 e 2013 (Figura 6) estão de acordo com os índices pluviométricos para os anos de 2012, onde foram verificados baixo índice pluviométrico e conseqüentemente uma forte estiagem.

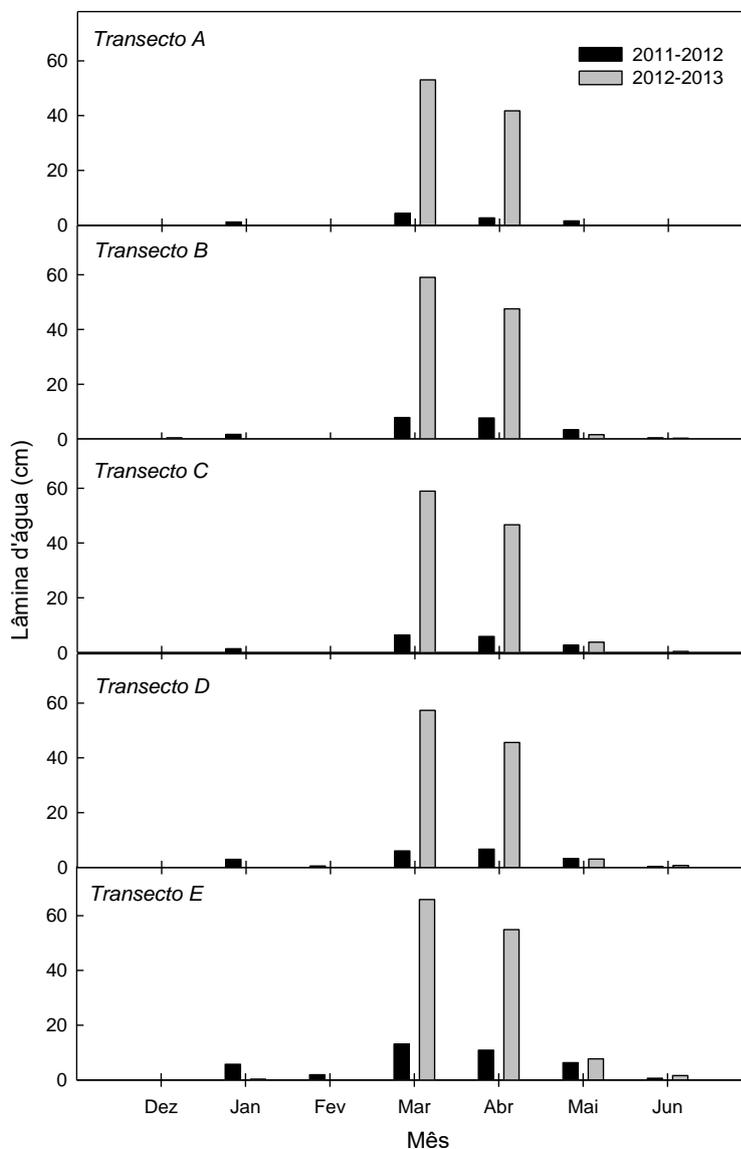
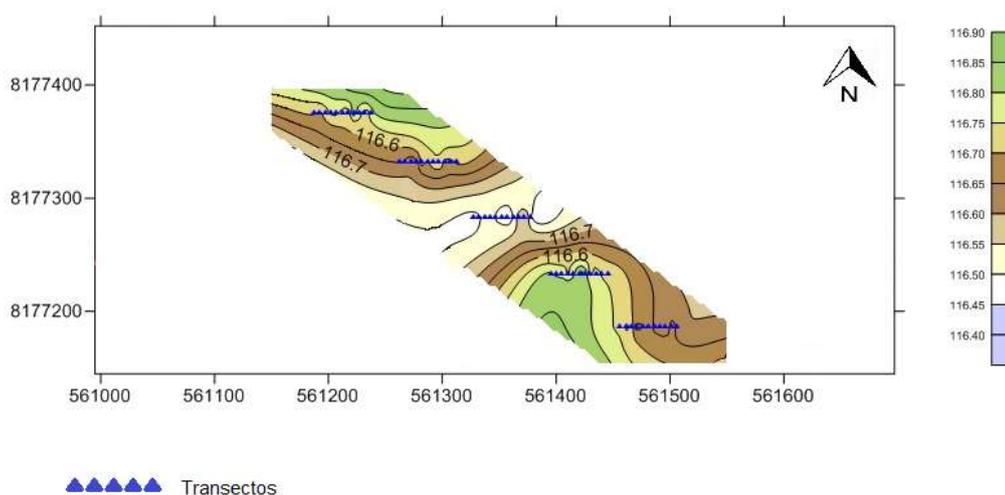


Figura 6 - Variação da lâmina d'água total nos anos de 2012 e 2013.

## 4.2 PERFIL PLANIALTIMETRICO DO TERRENO

As características topográficas, geológicas, geomorfológicas, pedológicas, térmicas, bem como o tipo de cobertura da bacia, desempenham papel essencial no seu comportamento hidrológico, sendo importante medir numericamente algumas dessas influencias (GARCEZ & ALVAREZ, 1988).

Pela Figura 8 observa-se que o Transecto C encontra-se no maior nível topográfico do terreno, apresentando picos topográficos de 116,80 m de altitude. Os Transectos A e D que demonstraram variação na faixa de 116,65 a 116,55 m situando-se nas altitudes intermediárias. E, os Transectos B e E estão situados nos locais onde apresentaram menor faixa topográfica com diferenças de altitude entre 116,55 a 116,40 m.



**Figura 7 - Perfil planialtimétrico do terreno.**

A variação entre a maior e a menor cota topográfica foi em média de 13 cm no Transecto A, de 0,15 cm no Transecto B, de 0,13 cm no Transecto C, de 0,14 cm no Transecto D e de 0,15 cm no Transecto E. No entanto, a variação média entre os pontos dentro de cada Transecto ficou na faixa de 0,1 a 0,2 cm.

A variação topográfica em os Transectos foi de 0,09 cm entre os Transectos A e B, de 0,26 cm entre os Transectos B e C, de 0,17 entre os Transectos C e D, e de 0,08 cm entre os Transectos D e E, demonstrando dessa forma que houve uma maior variação entre os Transectos B – C – D, e uma variação menor que 10 cm em relação à ligação entre os outros Transectos.

O fator topografia ou relevo afeta a formação do solo de maneira indireta. Em relevos acidentados, a erosão hídrica remove as camadas superficiais, sendo os solos renovados constantemente, encontrando-se em estágios menos avançados de desenvolvimento (RAIJ, 2011). A principal força moderadora do funcionamento dos

diferentes ecossistemas do Pantanal é o pulso de inundação, devido à baixa drenagem dos solos (JUNK, 2002).

Os solos são, em sua totalidade, influenciados pelo hidromorfismo, favorecido pelo relevo plano, característica que determina a sua forte tendência a inundações periódicas (SOUZA & SOUZA, 2013).

#### 4.2.1 Relação entre a topografia e a lâmina d'água

Relacionando os dados obtidos da topografia de terreno e da lâmina d'água de inundação referente aos anos de 2012 e 2013. Considerando os Transectos onde foram notados o acúmulo de água em, no mínimo, dois meses durante o ano. Observamos os pontos de cada Transecto onde foi medido a maior e a menor cota topográfica e onde foi medido o maior e menor nível de lâmina d'água, conforme demonstra a Tabela 2.

**Tabela 2 - Relação entre a altimetria e a lâmina d'água (LD) de inundação na área de estudo.**

Transecto A						
	Cota (m)	Ponto	LD 2012* (cm)	Ponto	LD 2013* (cm)	Ponto
Mín.	116,54	A10	0,4	A5	11,7	A5
Máx.	116,70	A5	5,0	A10	16,3	A10
Transecto B						
	Cota (m)	Ponto	LD 2012* (cm)	Ponto	LD 2013* (cm)	Ponto
Mín.	116,44	B6	0,8	B1 e B2	13,3	B2
Máx.	116,59	B4	6,0	B6	19,8	B6
Transecto C						
	Cota (m)	Ponto	LD 2012* (cm)	Ponto	LD 2013* (cm)	Ponto
Mín.	116,74	C3	0,7	C1	12,8	C1
Máx.	116,84	C5	4,4	C9	18,1	C9
Transecto D						
	Cota (m)	Ponto	LD 2012* (cm)	Ponto	LD 2013* (cm)	Ponto
Mín.	116,55	D4	0,6	D2	12,1	D2
Máx.	116,69	D9	6,6	D11	17,9	D10 e D11
Transecto E						
	Cota (m)	Ponto	LD 2012* (cm)	Ponto	LD 2013* (cm)	Ponto
Mín.	116,45	E4	1,5	E3	14,7	E2
Máx.	116,61	E1	10,0	E11	23,4	E9

\*Média anual da lâmina d'água – LD : Lâmina d'água

No Transecto A, a cota topográfica mínima coincidiu com os maiores níveis de lâmina d'água medidos nos anos de 2012 e 2013 no ponto A10. A cota topográfica máxima esteve relacionada com o menor nível de água no ano de 2012 no ponto A5, mas em 2013 não houve relação, pois o menor nível d'água foi observado no ponto A2, na cota topográfica de 116,61 m.

No Transecto B, a cota topográfica mínima coincidiu com os maiores níveis de lâmina d'água aferidos em 2012 e 2013, no ponto B6. A cota topográfica máxima observada no ponto B4 foi de 116,59 m e não apresentou relação com os menores níveis de lâmina d'água localizados no ponto B2 nos anos em estudo.

No Transecto C, as cotas topográficas mínimas e máximas não coincidiram com os níveis máximos e mínimos de lâmina d'água nos anos em estudo.

No Transecto D, as cotas topográficas mínimas e máximas não coincidiram com os níveis máximos e mínimos de lâmina d'água nos anos em estudo.

No Transecto E, as cotas topográficas mínimas e máximas também não coincidiram com os níveis máximos e mínimos de lâmina d'água nos anos de 2012 e 2013.

Relacionando a menor cota topográfica com os maiores níveis de inundação, verificou-se que houve relação nos Transectos A e B nos anos de 2012 e 2013.

Relacionando a maior cota topográfica com os menores níveis de inundação, verificou-se que houve relação apenas no Transecto A no ano de 2012.

Observando o comportamento da inundação nos Transectos foi possível verificar que mesmo as cotas topográficas mínimas não coincidindo com os níveis de lâmina d'água máximos, os pontos máximos de inundação foram praticamente padrão nos Transectos A, B, C e D, sendo notados nos pontos A10, B6, C9 e D11.

Os Transecto C apresentou a maior cota topográfica, seguido pelo Transecto A e foram os Transectos que apresentaram menores níveis de inundação.

Os Transectos B e E apresentaram as menores cotas topográficas. No entanto, o Transecto E apresentou os maiores níveis de inundação nos anos de 2012 e 2013.

A diferença topográfica dentro dos Transectos variaram 16 cm nos Transectos A e E, 15 cm no B, 14 cm no Transecto D e 10 cm no Transecto C. Desta forma, os Transectos A e E tendem a ser os mais inclinados e o Transecto C tende a ser o menos inclinado. Todavia, foi observado que ainda que os Transectos A e E demonstrem maior inclinação, no período de vazante pôde ser observado que o Transecto A tende a secar mais depressa que os demais Transectos e o Transecto E tende a acumular mais água.

FANTIN-CRUZ et al (2010) realizaram um estudo no Sítio de Amostragem de Longa Duração (SALD), implantado em uma área de 25 Km<sup>2</sup> localizado na Planície de inundação do rio Cuiabá, Pantanal de Mato Grosso, que teve como objetivo caracterizar e quantificar as unidades fitofisionômica em mesoescala e estabelecer suas relações com a intensidade e duração da inundação e com a topografia. As unidades fitofisionômicas foram determinadas a partir da classificação supervisionada de imagens CBERS 2B sensor CCD. Os mapas de intensidade e duração da inundação e topografia foram gerados a partir da interpolação espacial de levantamentos planialtimétrico de campos. Como resultado do monitoramento realizado entre 14 de dezembro de 2006 e 12 de junho de 2007, os valores da intensidade, duração da inundação e topografia foram interpolados e recodificados em três categorias ordinais, expostas na Tabela 3.

**Tabela 3 - Níveis de categorização dos mapas de intensidade e duração da inundação e topografia (FANTIN-CRUZ et al, 2010).**

<b>Parâmetros</b>	<b>Baixa</b>	<b>Média</b>	<b>Alta</b>
Intensidade (cm)	0 – 20	20 – 40	40 – 60
Duração (dias)	0 – 65	65 – 130	130 – 190
Topografia (m)	< 113,5	113,5 – 114,0	> 114

Para comparar os resultados obtidos em campo com os níveis de categorização dos mapas de intensidade e duração e inundação e topografia produzidos por FANTIN-CRUZ et al. (2010) é demonstrado na Tabela 4 os parâmetros de intensidade e duração da inundação e a topografia do terreno da área de estudo deste trabalho referentes aos anos de 2012 e 2013.

**Tabela 4 - Intensidade e duração da inundação e topografia do Cambarazal no Pantanal-MT.**

<b>Parâmetros</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
-------------------	-------------	-------------

Intensidade (cm)	0 – 22,2	0 - 75
Duração (dias)	180	210
Topografia (m)	116,44 – 116,84	116,44 – 116,84

FANTIN - CRUZ et al. (2010) verificaram que no Cambarazal predominou em áreas de intensidade média e duração e topografia alta, informação esta que veio ao encontro dos resultados obtidos neste estudo. Em 2012 a área de estudo apresentou intensidade média e duração e topografia alta, em 2013 todos os parâmetros observados foram altos, quando comparados aos níveis de categorização indicados na Tabela 4.

### **4.3 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DA COBERTURA PEDOLÓGICA**

A caracterização dos solos no campo é feita por meio do estudo e do exame do seu perfil, com registro dos principais aspectos de sua morfologia. Essa caracterização é feita pela descrição das características morfológicas, que são propriedades macroscópicas, facilmente perceptíveis pela visão e pelo tato (KER et al., 2012).

Para determinação dos caracteres morfológicos foram considerados: cor (tabela Munsell de cores), textura (proporção das frações granulométricas de Lemos e Santos, 1984), estrutura, porosidade, cerosidade, consistência, cimentação e nódulos.

Na Trincheira 01, localizada entre os Transectos A e B foram identificados três horizontes (Figura 11), conforme descrição a seguir:

A 0 a 15 cm; cinza rosado (7,5 YR (6/2); argila; estrutura granular grumosa; média; moderada; poros comuns médios de raízes; ligeiramente dura; pegajosa e plástica; presença de muitas raízes finas e restos de vegetais (folhas); transição clara e plana.

AB 15 a 30 cm; cinza rosado (7,5YR 6/2) com manchas de coloração amarela avermelhada (5YR 6/8); argila; estrutura granular; pequena; moderada; poucos poros pequenos de raízes finas; consistência dura a muito dura; ligeiramente pegajosa e plástica; presença de fissuras verticais e ligeiramente inclinada e muitas raízes finas a muito finas e poucas raízes grossas; transição clara e plana.

30 a 170 cm; marrom escuro (10YR 4/2) com manchas amarelas avermelhadas (5YR 6/8) que ocorre apenas na parede da trincheira e desaparece no interior dos torrões; argila; estrutura em blocos média a grande e forte; muitas fissuras preferencialmente verticais e inclinadas com presença de muitas raízes finas nas faces dos agregados; ausência de poros; consistência seca muito dura; consistência molhada pegajosa e plástica;



**Figura 8 - Trinchera 01 - (a) Horizonte A; (b) Horizonte AB; (c) e (d) Horizonte B.**

Na Trinchera 02 (Figura 12), localizada entre os Transectos B e C, foram identificados três horizontes: A, AB e B, conforme descrição morfológica a seguir:

**A** 0 a 10 cm; cinza rosado (7,5 YR 6/2); camada de restos vegetais (folhas e raízes finas) com sedimentos; argila; estrutura não identificada; consistência seca dura; consistência molhada pegajosa e plástica; transição clara e plana.

**AB** 10 a 30 cm; cinza rosado (7,5 YR 6/2); argila; estrutura granular média a grande com agregados arredondados; poros comuns pequenos a grandes, presença de muitas fissuras verticais, horizontais e diagonais, além de raízes finas na parede do agregado; consistência seca dura; consistência molhada pegajosa e plástica; transição clara e plana.

- B 30 a 170 cm; marrom acinzentado muito escuro (10 YR 3/2) com manchas vermelhas amareladas (5 YR 5/8); argila; estrutura prismática que se desfaz em blocos; presença de muitas fissuras verticais; consistência seca muito dura; consistência molhada pegajosa e plástica; transição clara e plana.



**Figura 9 - (a) Parede da Trincheira 02; (b) horizonte A com a profundidade de 0 a 10; (c) amostra do Horizonte AB com a profundidade de 10 a 30 cm. (d) amostra do Horizonte B que representa a profundidade entre 30 e 170 cm.**

Na Trincheira 03 (Figura 13), localizada entre os Transectos C e D, foram identificados três horizontes: A, B1 e B2, conforme descrição morfológica a seguir:

- A 0 a 10 cm; marrom acinzentado (7,5 YR 6/2); camada de restos vegetais (folhas e raízes finas e médias) misturada aos sedimentos; argila; estrutura blocos pequenos; poros pequenos e grandes de raízes; consistência seca dura; consistência molhada ligeiramente pegajosa e plástica; transição clara e plana.
- AB 10 a 30 cm; cinza rosado (7,5 YR 6/2); argila; estrutura granular, muitos poros comuns, pequenos e grandes, presença de fissuras verticais; consistência seca dura; consistência molhada ligeiramente pegajosa e plástica; transição clara e plana.
- B 30 a 170 cm; marrom acinzentado muito escuro (10 YR 3/3) com manchas

vermelhas amareladas (5 YR 5/8); argila; estrutura prismática que se desfaz em blocos; poucos poros pequenos; presença de fissuras verticais; consistência seca dura a muito dura; consistência molhada pegajosa e plástica; transição clara e plana.



**Figura 10 - Trinchira 03 - (a) Amostra do Horizonte A; (b) Agregado do horizonte AB; (c) Agregado horizonte B.**

Na Trinchira 04 (Figura 14), localizada entre os Transectos D e E, foram identificados quatro horizontes: A, AB, B e C, conforme descrição morfológica a seguir:

A 0 a 10 cm; marrom (10YR 5/2); camada de restos vegetais, principalmente folhas secas e pouco decompostas com muitas raízes finas, misturado com fragmentos de matéria mineral; argila arenosa; estrutura não identificada; consistência seca dura; e molhada é ligeiramente pegajosa e plástica; transição clara e plana.

AB 10 a 30 cm; cinza rosado (7,5 YR 6/2); argila; estrutura granular pequena e moderada; muitos poros pequenos e grandes, principalmente de raízes; presença de muitas fissuras verticais; consistência seca dura; consistência

molhada pegajosa e plástica; transição clara e plana.

B 30 a 120 cm; marrom muito escuro acinzentado (10YR 3/2) com manchas amareladas (5YR 5/6); argila arenosa; estrutura em blocos, média e forte; poucos poros e muitas fissuras verticais com presença de raízes finas e muito finas; consistência seca dura; consistência molhada pegajosa e plástica; transição clara e plana.

C 120 a 170 cm<sup>+</sup>; branco rosado (7,5 YR 8/2); areia franca; sem estrutura; poros comuns pequenos; consistência seca ligeiramente dura; consistência molhada ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.



Figura 11 - Trincheira 04 - (a) Grânulos do horizonte A; (b) Grânulos do horizonte B1; (c) Grânulos do horizonte B2; (d) Grânulos do horizonte C.

#### 4.3.1 Caracterização morfológica da área experimental

Tabela 5 - Caracterização morfológica externa da Trincheira 01.

Perfil da Trincheira 01	Set/2012
Classificação	Vertissolo cromado
Localização	Trincheira 1, situada entre os Transectos A e B
Formação geológica	Formação Pantanal

Pedregosidade	Não pedregoso
Rochosidade	Não rochoso
Relevo local	Plano
Erosão	Não aparente
Drenagem	Imperfeitamente / Mal drenado
Vegetação	Arbórea
Uso atual	RPPN/Sesc Pantanal
Descrito e coletado por	Fernando Ximenes de Tavares Salomão e Aryadne Márcia Aquino

**Tabela 6 - Caracterização morfológica externa da Trincheira 02.**

<b>Perfil da Trincheira 02</b>	<b>Set/2012</b>
Classificação	Vertissolo cromado
Localização	Trincheira 2, situada entre os Transectos B e C
Formação geológica	Formação Pantanal
Pedregosidade	Não pedregoso
Rochosidade	Não rochoso
Relevo local	Plano
Erosão	Não aparente
Drenagem	Imperfeitamente / Mal drenado
Vegetação	Arbórea
Uso atual	RPPN/Sesc Pantanal
Descrito e coletado por	Fernando Ximenes de Tavares Salomão e Aryadne Márcia Aquino

**Tabela 7 - Caracterização morfológica externa da Trincheira 03.**

<b>Perfil da Trincheira 03</b>	<b>Set/2012</b>
Classificação	Vertissolo cromado
Localização	Trincheira 3, situada entre os Transectos C e D
Formação geológica	Formação Pantanal
Pedregosidade	Não pedregoso
Rochosidade	Não rochoso
Relevo local	Plano
Erosão	Não aparente
Drenagem	Imperfeitamente / Mal drenado
Vegetação	Arbórea
Uso atual	RPPN/Sesc Pantanal
Descrito e coletado por	Fernando Ximenes de Tavares Salomão e Aryadne Márcia Aquino

**Tabela 8 - Caracterização morfológica externa da Trincheira 04.**

<b>Perfil da Trincheira 04</b>	<b>Set/2012</b>
Classificação	Vertissolo cromado
Localização	Trincheira 4, situada entre os Transectos D e E
Formação geológica	Formação Pantanal

Pedregosidade	Não pedregoso
Rochosidade	Não rochoso
Relevo local	Plano
Erosão	Não aparente
Drenagem	Imperfeitamente / Mal drenado
Vegetação	Arbórea
Uso atual	RPPN/Sesc Pantanal
Descrito e coletado por	Fernando Ximenes de Tavares Salomão e Aryadne Márcia Aquino

A descrição das características morfológicas dos horizontes realizada em quatro trincheiras permitiu levantar informações importantes que se relacionam com o funcionamento hídrico das águas infiltradas e escoadas provenientes das precipitações pluviométricas e de inundações, destacando-se:

- ocorrência de uma única cobertura pedológica, constituída por pequena espessura de horizonte superficial (horizonte A), sobrejacente por transição plana e clara ao horizonte B.
- abaixo do horizonte A (superficial e pouco espesso) nota-se presença de transição AB com espessura máxima de 30 cm, e apresentando estrutura granular e muitos poros, além da presença comum de raízes, especialmente em fissuras verticais e diagonais. A existência de fissuras permite sugerir a ocorrência de argilas expansivas e facilita a infiltração das águas, principalmente durante as primeiras chuvas do ano, quando o solo ainda se encontra seco, pois com o umedecimento do solo e suas expansões, as fissuras tendem a fechar, dificultando a infiltração e favorecendo, assim, o alagamento na área.
- abaixo do horizonte AB nota-se presença de horizonte B argiloso pouco ou não poroso, e também com presença de fissuras indicativa de argilas expansiva. Neste caso, as águas podem infiltrar apenas pelas fissuras abertas, enquanto o solo se encontrar seco, isto é, até o início do período chuvoso.

#### 4.4 COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO

Foram encontradas 14 espécies, distribuídas em 13 famílias (Tabela XX). A espécie com maior abundância foi *Vochysia divergens* Pohl, seguida por *Licania parvifolia* e *Mouriri elliptica*.

O diâmetro médio foi 28,36 cm, a densidade média foi 839,98 indivíduos/ha, e a área basal média foi 66,16 m<sup>2</sup>/ha (Tabela 7). A vegetação no transecto C apresentou o maior diâmetro médio, o transecto D a maior densidade média, e o transecto E a maior área basal média e o maior Índice de Diversidade.

Tabela xx: Espécies de plantas e suas abundâncias em floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, 2012.

Espécie	Nome popular	Familia	Abundância absoluta	Abundância relativa (%)
<i>Vochysia divergens</i> Pohl	Cambará	Vochysiaceae	73	33,18
<i>Licania parvifolia</i> Huber.	Pimenteira	Chrysobalanaceae	39	17,73
<i>Mouriri elliptica</i> Mart.	Coroa-de-frade	Melastomataceae	34	15,45
<i>Alchornea discolor</i> Poepp.	Uva-brava	Euphorbiaceae	28	12,73
<i>Ocotea suaveolens</i> (Meisn.) Benth. & Hook. f. ex Hieron.	Canela-preta	Lauraceae	20	9,09
<i>Coccoloba ochreolata</i> Wedd.	Canjiquinha	Polygonaceae	10	4,55
<i>Duroia longiflora</i> Ducke	Marmelada-de-pacu	Rubiaceae	5	2,27
<i>Brosimum lactescens</i> (S. Moore) C.C. Berg	-	Moraceae	3	1,36
<i>Licania minutiflora</i> (Sagot) Fritsch	Cedro-d'água	Crysobalanaceae	2	0,91
<i>Psidium guineense</i> Sw.	Araçá	Myrtaceae	2	0,91
<i>Banara arguta</i> Briq.	Sardinheira	Flacourtiaceae	1	0,45
<i>Erythroxylum anguifugum</i> Mart.	Pimenteirinha	Erythroxylaceae	1	0,45
<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) G. Nicholson	Pau d'arco	Bignoniaceae	1	0,45
<i>Trichilia catigua</i> A. Juss.	Pombeiro	Meliaceae	1	0,45

A comunidade de plantas teve uma distribuição de diâmetros de caule negativamente inclinada (Figura 6a) e a população de *V. divergens* teve uma distribuição de diâmetros de caule em forma de gaussiana (Figura xx).

As espécies presentes em todos os transectos foram *V. divergens*, *L. parvifolia* e *M. elliptica*.

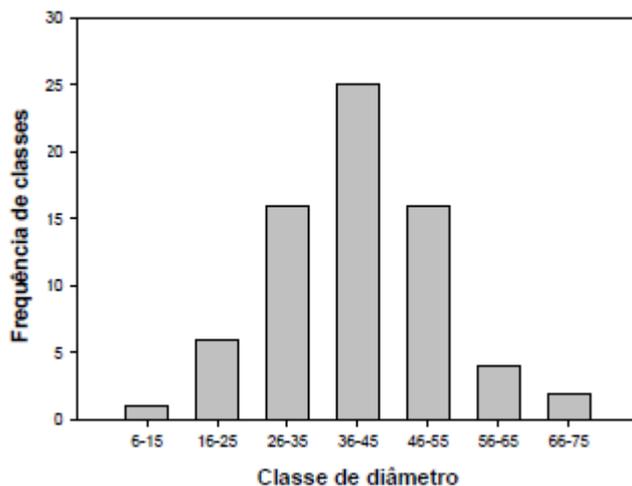


Figura xx: Distribuição de frequência do diâmetro da população de *Vochysia divergens* Pohl em floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, 2012 (MACHADO, 2013).

#### 4.4.1 Incremento diamétrico da *Vochysia divergens* Pohl

De janeiro a setembro, a taxa média de incremento diamétrico mensal de *Vochysia divergens* Pohl diminuiu, e de outubro a novembro aumentou (Figura 9). O mês de janeiro teve a maior taxa média de incremento diamétrico com 0,94 mm, e o mês de setembro a menor taxa com -0,07 mm. Os valores negativos da taxa de incremento diamétrico podem estar associados ao erro de medição.

A taxa média de incremento diamétrico anual de *V. divergens* foi 4,89 mm em uma floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense (Figura 10). A maior taxa de incremento diamétrico de *V. divergens* foi 1,87 mm de janeiro a março e, a menor taxa foi -0,10 mm de julho a setembro.

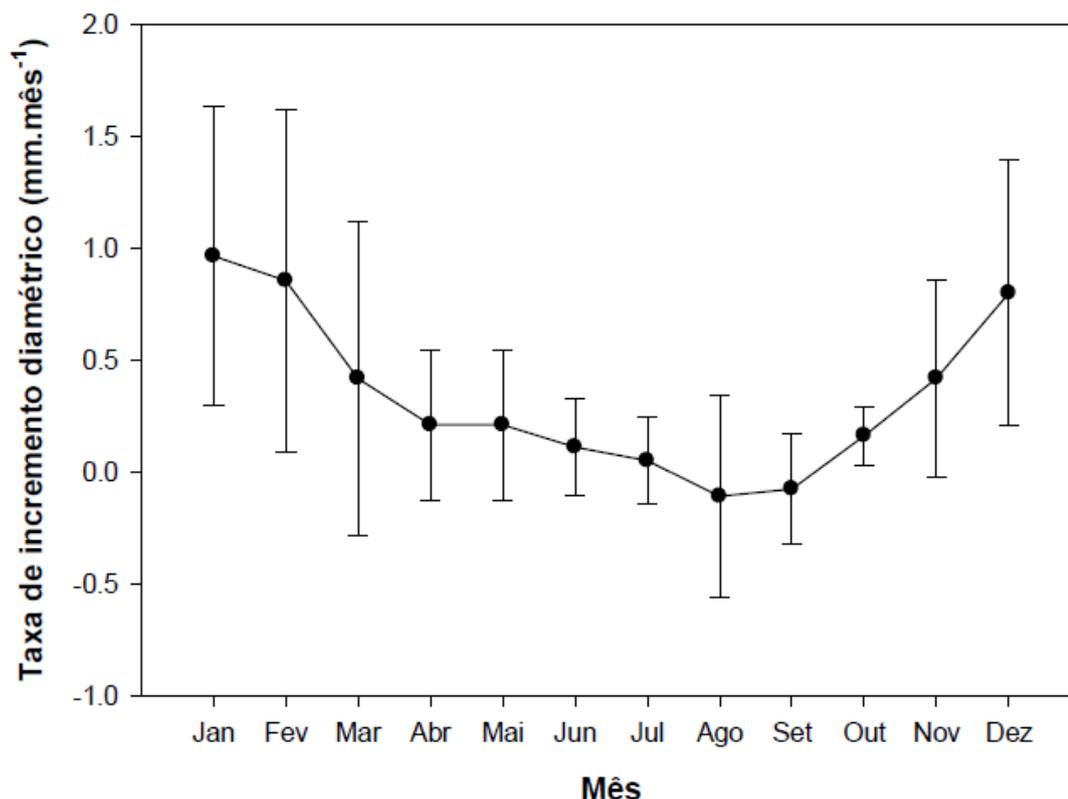
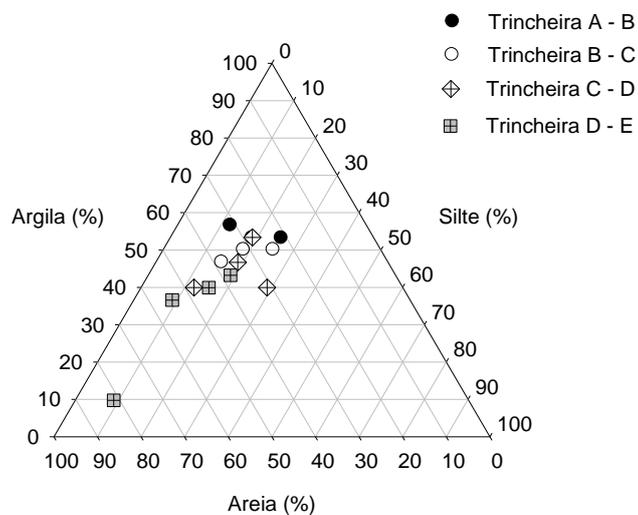


Figura: Variabilidade mensal da taxa média de incremento diamétrico de *Vochysia divergens* Pohl em floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-grossense, 2012. As barras representam o desvio padrão (MACHADO, 2013).

## 4.5 CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA DO SOLO

### 4.5.1 Propriedades hidráulicas do solo estimadas pelo Rosetta em área de *Vochysia divergens* Pohl no Pantanal

Segundo o triângulo de classificação textural de solos (LEMOS & SANTOS, 1984), os solos da área em estudo a uma profundidade de 0 a 10 cm foram classificados em franco argiloso e argiloso nos Transectos A, B, C e D e como argiloso e muito argiloso no Transecto E. Considerando os perfis do solo distribuídos entre os Transectos, os solos foram classificados como argiloso e franco-argiloso (Trincheira A-B, B-C, C-D) e como franco-argiloso, argilo-arenoso e franco-arenoso (Trincheira D-E) à medida que aumenta a profundidade do solo (Figura 15).



**Figura 12 - Triângulo de textura do solo em perfis com profundidade até 1,70 m localizados entre os Transectos A-B, B-C, C-D e D-E em área de *Vochysia divergens* Pohl no Pantanal.**

A Figura 16 apresenta mapas de distribuição espacial da textura do solo em área de *Vochysia divergens* Pohl no Pantanal utilizando a krigagem ordinária como interpolador. A dependência espacial das variáveis foi constada por meio dos modelos variográficos, indicando que o solo da área estudada não possui um padrão homogêneo de distribuição.

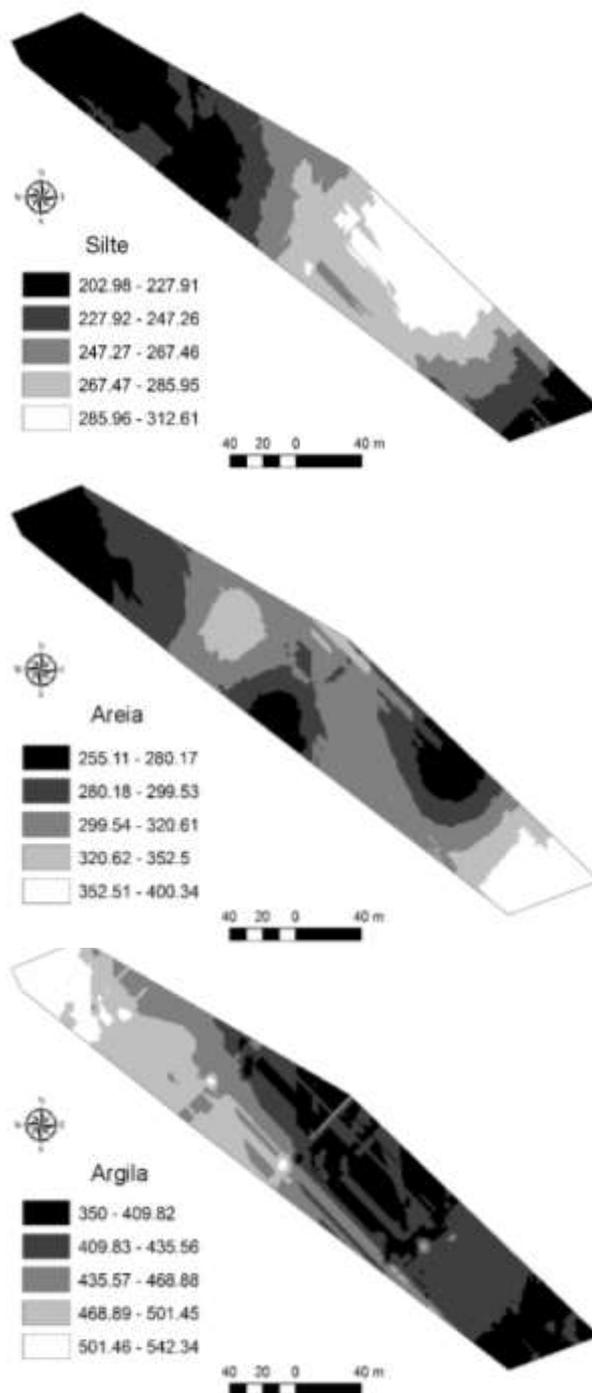
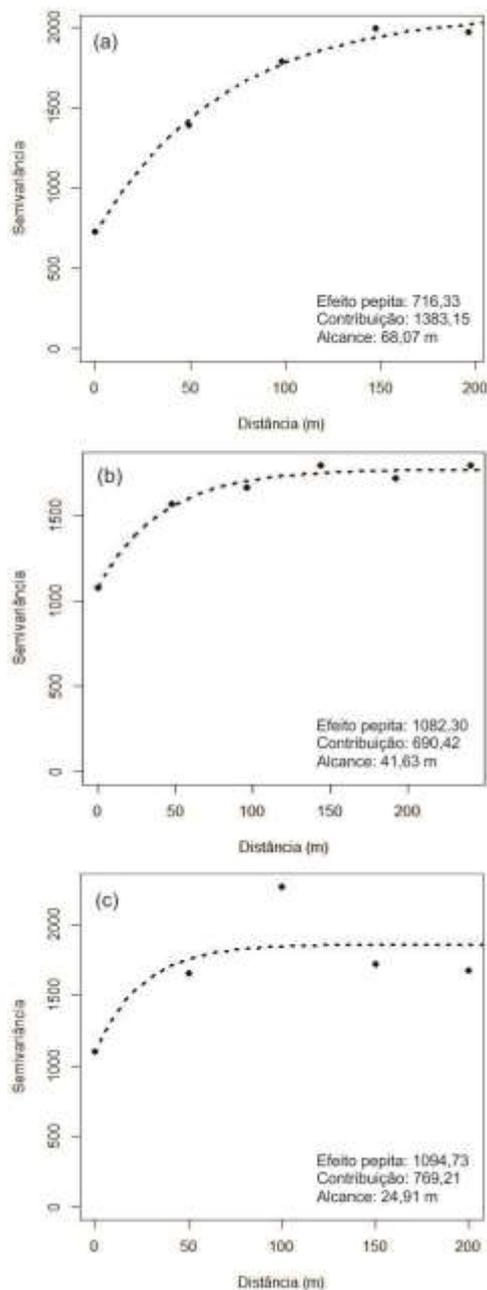


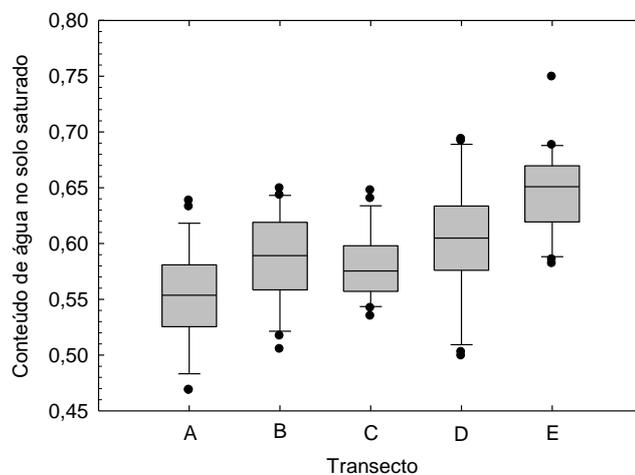
Figura 13 - Mapas da distribuição de silte, areia e argila (g Kg-1) em área de *V. divergens* Pohl no Pantanal.



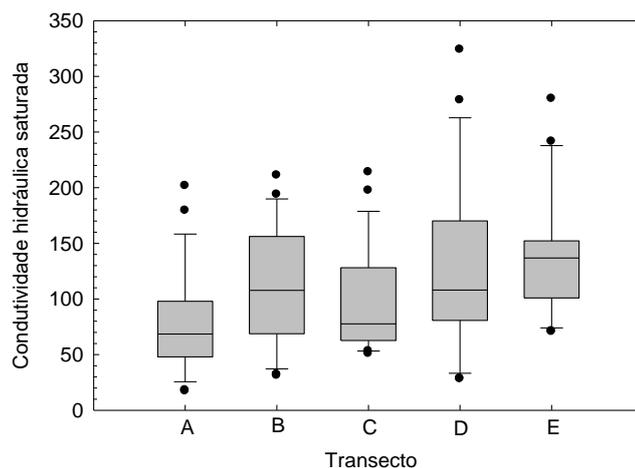
**Figura 16: Semivariograma**

A área em estudo apresenta uma leve variação no relevo em 40 cm, com maiores cotas na área do Transecto C, local com maiores teores de silte e menores teores de argila. Maiores teores de argila foram observados na área do Transecto E.

As Figuras 17 e 18 apresentam o conteúdo de água no solo e a condutividade hidráulica no solo, respectivamente, nos Transectos A, B, C, D e E.



**Figura 14 - Conteúdo de água no solo saturado ( $m^3 m^{-3}$ ) nos Transectos A, B, C, D e E em área de *V. divergens Pohl* no Pantanal.**



**Figura 15 - Condutividade hidráulica saturada no solo ( $m^3 m^{-3}$ ) nos Transectos A, B, C, D e E em área de *V. divergens Pohl* no Pantanal.**

Tanto o conteúdo de água no solo e a condutividade hidráulica tendem a crescer do Transecto A em direção ao Transecto E.

As propriedades físicas do solo, como a textura, afetam a movimentação de íons no solo, assim como, a densidade influencia na permeabilidade do solo pelo maior ou menor espaço poroso definindo o espaço do solo ocupado por ar e água entre micro e macroporos. Solos argilosos têm maior porosidade total e grande quantidade de microporos, enquanto que os solos arenosos têm grande volume de macroporos (MEURER, 2006). Consequentemente, as propriedades hidráulicas do

solo respondem da mesma maneira. Muitos ambientes de áreas alagadas possuem baixa condutividade hidráulica (BERRY et al., 2011).

#### 4.6 RELAÇÃO ENTRE AS PROPRIEDADES HIDRÁULICAS DO SOLO E O CRESCIMENTO ARBÓREO DA *VOCHYSIA DEVERGENS* POHL NO PANTANAL

Foi feito um comparativo, utilizando regressão linear, entre os dados das propriedades hidráulicas estimados pelo modelo de Wösten e pelo modelo Rosetta – HYDRUS 1D, demonstrando que houve diferença entre os valores estimados e que a relação entre eles não foi linear, portanto, não são intercambiáveis o que nos leva a questionar qual das duas estimativas teria melhor aplicabilidade para os estudos realizados na área alagável em floresta com dominância de *Vochysia divergens* Pohl.

Deste modo foi conduzida uma análise estatística onde se buscou correlação entre os valores estimados das propriedades hidráulicas pelos dois modelos citados anteriormente e medidas realizadas do crescimento arbóreo da *Vochysia divergens* Pohl.

A análise de correlação entre o crescimento da *Vochysia divergens* Pohl e a condutividade hidráulica estimada por Wösten e por Rosetta está apresentada na Figura 19.

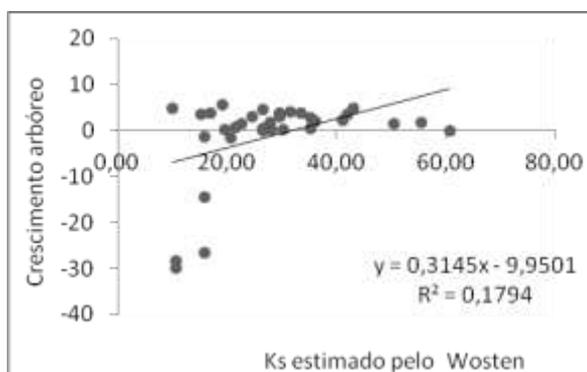
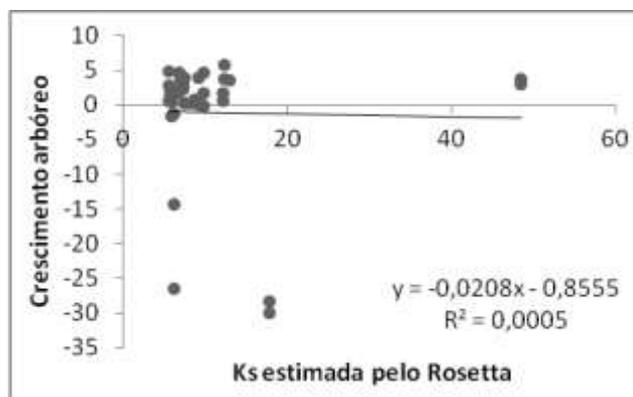


Figura 16 - Condutividade hidráulica (Ks) estimada por Wösten et al. (1999) versus crescimento arbóreo de *V. divergens Pohl* no Pantanal. A linha sólida representa 1:1.

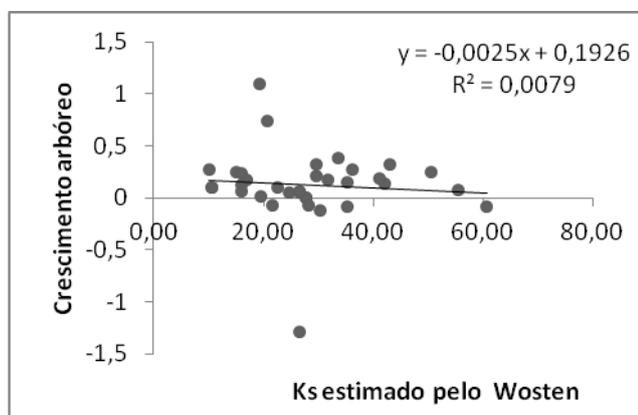
Por meio de uma análise estatística utilizando dados da média de crescimento da *Vochysia divergens* Pohl no período chuvoso e da condutividade hidráulica, estimada por Wösten, foi possível observar que houve correlação de 0,42

(estatisticamente significativo). O baixo coeficiente de determinação observado implica possivelmente em uma relação não linear entre as duas grandezas.



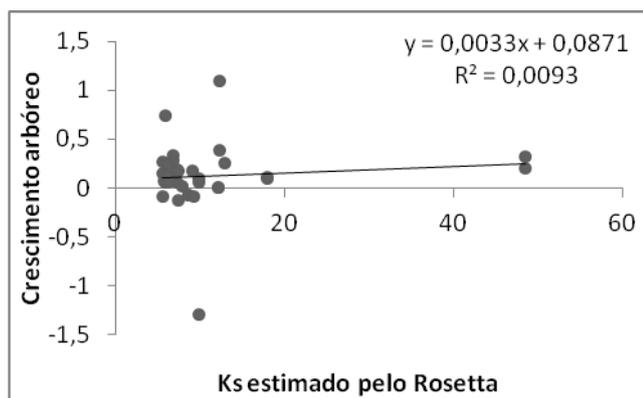
**Figura 17 - Condutividade hidráulica (Ks) estimada pelo Rosetta versus crescimento arbóreo de *V. divergens Pohl* no Pantanal. A linha sólida representa 1:1.**

Relacionando a média de crescimento no período chuvoso com a condutividade hidráulica, estimada por Rosetta, não foi possível observar correlação entre as duas grandezas analisadas.



**Figura 18 - Condutividade hidráulica (Ks) estimada por Wösten et al. (1999) versus crescimento arbóreo de *V. divergens Pohl* no Pantanal. A linha sólida representa 1:1.**

Relacionando a média de crescimento no período seco com a condutividade hidráulica, estimada por Wösten, foi possível observar que houve uma correlação de 0,089 (estatisticamente não significativo).



**Figura 19 - Condutividade hidráulica (Ks) estimada pelo Rosetta versus crescimento arbóreo de *V. divergens Pohl* no Pantanal. A linha sólida representa 1:1.**

O mesmo é observado quando comparado os valores da média de crescimento com a condutividade hidráulica estimada por Rosetta.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- i. A lâmina d'água e o tempo de inundação afetaram negativamente a densidade e dominância de *Vochysia divergens*, respectivamente;
- ii. O incremento diamétrico de *Vochysia divergens* foi mais afetado na estação seca, por causa da baixa umidade do solo, perda de folhas e produção de estruturas reprodutivas.
- iii. Pelas características físicas e morfológicas as probabilidades indicam se tratar um Vertissolo Cromado.
- iv. A existência de fissuras permite sugerir a ocorrência de argilas expansivas e facilita a infiltração das águas apenas durante as primeiras chuvas ocasião em que o solo ainda se encontra seco, pois com o umedecimento do solo e suas expansões, as fissuras tendem a fechar, dificultando a infiltração e favorecendo, assim, o alagamento na área. Tal característica indica que o alagamento não tem a contribuição de águas subterrâneas;
- v. O solo na área do Pantanal em estudo apresentou alto teor de argila, com tendência a argiloso, dependência espacial e baixos valores de conteúdo de água no solo saturado e de condutividade hidráulica saturada.
- vi. As análises não indicaram qual o modelo de estimativa para a condutividade hidráulica do solo utilizada melhor se adapta em função do crescimento arbóreo da *Vochysia divergens* Pohl no Pantanal, uma vez que o crescimento dessa espécie provavelmente depende de diversos fatores.
- vii. RESPONDER - conhecer a influência do regime de alagamento, do tipo de solo e da topografia do terreno sobre o desenvolvimento da *Vochysia divergens* POHL em uma área pré-estabelecida no Pantanal mato-grossense;

## 6 RECOMENDAÇÕES

- i. Identificar e avaliar as características químicas do solo para comprovar o tipo de solo encontrado;
- ii. Verificar se as características químicas do solo entre os transectos podem apresentar algum fator determinando para maior ocorrência da espécie *Vochysia divergens* Pohl no transecto A.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIMRUN, W.; AMIN, M. S. M. Pedo-Transfer Function for Saturated Hydraulic Conductivity of Lowland Paddy Soils. *Paddy Water Environment*, 7: 217-225, 2009. doi:10.1007/s10333-009-0165-y.

AMARAL FILHO, Z.P. Solos do Pantanal Mato-Grossense. In Anais do 1º Simpósio sobre recursos naturais e socioeconômicos do Pantanal. EMBRAPACAP - UFMS, 265p. (EMBRAPA-CPAP, Documentos, 5). 1984

ARIEIRA, J.; NUNES DA CUNHA, C.; Estrutura populacional do Cambará (*Vochysia divergens* Pohl, Vochysiaceae), espécie monodominante em floresta inundável no Pantanal mato-Grossense. *Oecologia Australis*. 16(4): 819-831, Dezembro, 2012. <http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2012.1604.07>

BARROSO, G.M. 1991. Sistemática de angiospermas do Brasil. Segunda edição. Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária, Viçosa, 309p.

BERRY, L. E.; MUTITI, S.; HAZZARD, S. Determining the Hydraulic Conductivity of the Subsurface in Wetland Environments. In: American Geophysical Union, Fall Meeting 2011, 2011, H33E-1353.

BRADY, Nyle C. **Elementos da natureza e propriedades dos solos** / Nyle C. Brady, Ray R. Weil; tradução técnica: Igo Fernando Lepsch. – 3ª ed. – Porto Alegre: Bookman, 2013

CARDOZO, F. S.; PEREIRA, G.; SILVA, G. B. S.; SILVA, F. B.; SHIMABUKURO, Y. E.; MORAES, E. C.. Discriminação de áreas alagadas no Pantanal sul-matogrossense a partir de imagens orbitais. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2009, Corumbá-MS. Anais do II Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, p. 99-106, 2009.

CONNELL, J.H. & LOWMAN, M.D. 1989. Low-density tropical rain forests: some possible mechanism for their existence. *The American Naturalist*, 134: 88-119. <http://dx.doi.org/10.1086/284967>.

CORINGA, E. A. O.; COUTO, E. G.; PEREZ, X. L. O.; TORRADO, P. V. Atributos de solos hidromórficos no Pantanal Norte Matogrossense *Acta Amazônica*, 42: 1, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-5967201200010000>.

CHRISTENSEN, S. Elmholt (eds.). *Managing Soil Quality Challenges in Modern Agriculture*. CABI International Publishers, Oxon, United Kingdom (In prpss)

DAMASCENO –JUNIOR, G.A.; SEMIR, J.; SANTOS, F.A.M.; LEITÃO-FILHO, H.F. Structure, distribution of species and inundation in a riparian Forest of Rio Paraguai, Pantanal, Brazil. **Flora**, v.200, 119-135, Maio, 2005.

Departamento Nacional de Obras de Saneamento – DNOS. 1974. Estudos hidrológicos da Bacia do Alto Paraguai. Rio de Janeiro, 284 p. (Relatório Técnico UNESCO/PNUD).

FANTIN-CRUZ, I.; GIRARD, P.; ZEILHOFER, P.; COLLISCHONN, W. AND CUNHA, C.N. **Unidades fitofisionômicas em mesoescala no Pantanal Norte e suas relações com a geomorfologia.** *Biota Neotrop.* Apr/Jun 2010 vol. 10, no. 2 <http://www.biotaneotropica.org.br/v10n2/pt/abstract?article+bn00410022010> ISSN 1676-0603.

FABNACHT, N.J.M. 1995 **Vegetationskartierung mit Hilfe von Landsat-TM-Daten zur Abgrenzung der Baumart *Vochysia divergens* im Pantanal, Mato Grosso - Brasilien.** Diplomarbeit der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Ludwig - Maximilians - Universität München.

FERREIRA, M.M., DIAS JÚNIOR, M.S., MESQUITA, M.G.B.F., ALVES, E.A.B.F., Física do solo – Lavras: Editora UFLA, 2003. 79 p.:Il.

HART, T.B.; HART, J.A. & MURPHY, P.G. 1989. Monodominant and species-rich forests of the humid tropics: causes for their co-occurrence. *The American Naturalist*, 133(5):613-633. <http://dx.doi.org/10.1086/284941>

ISAACS, R.; GILLMAN, M.P.; JOHNSTON, M.; MARSH, F. & WOOD, B.C. 1996. Size structure of a dominant Neotropical forest tree species, *Dicymbealtonii*, in Guyana and factors reducing seedling leaf area. *Journal of Tropical Ecology*, 12: 599-606. <http://dx.doi.org/10.1017/S0266467400009810>

JUNK W.J. Long-term environmental trends and the future of tropical wetlands. *Environmental Conservation*, Cambridge, v.29, n.4, p.414-435, 2002.

KARLEN, D.L., S.S. ANDREWS, AND J.W. DORAN. 2001. Soil quality: Current concepts and applications. *Advances in Agronomy* 74: 1-40

KARLEN, D.L., S.S. ANDREWS, AND BJ. WIENHOLD. 2003. Soil quality, fertility, and health-historical context, status and perspectives. Pp. 17-33. In: P. Schjenning, B.T.

LEMOS, R.C.; SANTOS, R.D. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 2.ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Embrapa-SNLCS, 1984. 46p.

LORENZI, H. 2002. Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Segunda edição. Nova Odessa, São Paulo: Instituto Plantarum, 384p.

MACHADO, NADJA GOMES. Efeitos da inundação sobre o solo e vegetação com dominância de *Vochysia divergens* Pohl (Vochysiaceae) no Pantanal Mato-grossense / Nadja Gomes Machado. -- 2013xi, 61 f.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas: macro e micronutrientes.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. p. 114-130.

MESEV, V. Integration of GIS and Remote Sensing. Chichester: John Wiley & Sons, 2007.

MEURER, E. J. Fundamentos da química do solo. 3. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006.

MITCHELL, K. 2007. **Quantitative Analysis by the Point-Centered Quarter Method**. Disponível em: [people.hws.edu/mitchell/PCQM.pdf](http://people.hws.edu/mitchell/PCQM.pdf). Acesso em: 12 ago 2011.

MORAES, E.C.; PEREIRA, G.; CARDOZO, F., S.. **Avaliação da precipitação e sua influência sobre as áreas inundadas no Pantanal**. In: Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

NASCIMENTO, M. T. & JOSÉ, D. M. V. 1986. O Cambarazal no pantanal de Mato Grosso. Boletim da Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza. 21: 116-123.

NASCIMENTO, M.T. & NUNES da CUNHA, C. 1989. Estrutura e composição florística de um cambarazal no Pantanal de Poconé -MT. *Acta Botanica Brasilica*, 3: 3-11.

NOVAIS, JONATHAN WILLIAN ZANGESKI. **Variação espaço-temporal dos fluxos radiativos abaixo do dossel em floresta sazonalmente alagada no Pantanal mato-grossense** / Jonathan Willian Zangeski Novais. – 2013 101 f. : il. color. ; 30 cm.

NUNES DA CUNHA, C. & JUNK, W.J. 2004. Year-to-year changes in water level drive the invasion of *Vochysia divergens* sin Pantanal grasslands. **Applied Vegetation Science** 7:103-110.

NUNES DA CUNHA, C. & OLIVEIRA, E.V.R. 2001. Influência da seca na dinâmica de população de indivíduos juvenis de *Vochysiadivergens* Pohl Fazenda Retiro Novo – Pantanal de Poconé, MT. 12 p. In: **Anais do III Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Pantanal- os desafios do novo milênio**. Corumbá, 2000. Brasília, Embrapa - CPAP.

NUNES DA CUNHA, C. & OLIVEIRA, E.V.R. 2001. **Influência da seca na dinâmica de população de indivíduos juvenis de *Vochysia divergens* Pohl Fazenda Retiro Novo – Pantanal de Poconé, MT**. 12 p. In: Anais do III Simpósio sobre Recursos Naturais e Socioeconômicos do Pantanal- os desafios do novo milênio. Corumbá, 2000. Brasília, Embrapa - CPAP.

NUNES DA CUNHA, C; JUNK, W.J.; FALESSA, O.; COSTA, C.P. & ALMEIDA, L. 2000. Influences of dry and flooding periods on phenology and the dynamic of seedlings and saplings of *Vochysiadivergens* Pohl, in the Pantanal of Poconé. Pp. 871-874. In: **German-Brazilian Workshop on Neotropical Ecosystems - Achievements and Prospects of Cooperative Research**. Hamburg.

PAZ, A. R. DA ; COLLISCHONN, W. ; TUCCI, C. E. M. ; PADOVANI, C. R. Large-scale modelling of channel flow and floodplain inundation dynamics and its application to the Pantanal (Brazil). **Hydrological Processes**, v. 25, p. 1498-1516, 2011.

PRADO, H. *Manual de Classificação de Solos do Brasil*. Jaboti Cabral, FUNEP, 1993.218p.

RAIJ, BERNARDO VAN. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**/Bernardo van Raij. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.:Il; ISBN: 9 78-85-98519-07-4.

RIBEIRO JR., P.J. GeoR: a package for geostatistical analysis R-NEWS, 1 (2), 2001.

RICHARDS, P. W. 1996. *The Tropical Rain Forest*. 2nd ed. Cambridge University Press, Cambridge, 575 p.

SCHAAP, M. G.; LEIJ, F. J.; VAN GENUCHTEN, M. T. Rosetta: A computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions, *Journal of Hydrology*, 251:163-176, 2001.

SCHAAP, M. G.; LEIJ, F. J.; VAN GENUCHTEN, M. T. Neural network analysis for hierarchical prediction of soil water retention and saturated hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 62:847–855, 1998.

SILVA, LUDYMILLA BARBOZA DA. Relações entre aporte de serapilheira, nutrientes e efluxo de dióxido de carbono em floresta inundável de *Vochysia divergens* Pohl no Pantanal mato-grossense/ Ludymilla Barboza da Silva – 2013 xv, 70f.

ŠIMŮNEK, J., ŠEJNA, M.; VAN GENUCHTEN, M. T. The HYDRUS-1D software package for simulating the one-dimensional movement of water, heat, and multiple solutes in variably-saturated media, Version 2,0, IGWMC-TPS-70, Int, Ground Water Modeling Ctr., Colorado School of Mines, Golden, 1999.

SOJKA, R. E., UPCHURCH, D.R. “ Reservations Regarding the soil Quality Concept”. *Soil Science Society of America Journal*, 1999. 63 (5): 1039-54. <http://dx.doi.org/10.2136/sssaj.1999.6351039x>.

SOUSA, J. B.; SOUZA, C. A.. **Caracterização morfológica e mineralógica de solos em ambientes de cordilheira e campo de inundação no Pantanal de Poconé, Mato Grosso**. *Boletim de Geografia* ISSN 2176-4786, Maringá, v. 31, n. 1, p. 53-66, jan.-abr., 2013

VAN GENUCHTEN, M. T., A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44,p. 892-898, 1980.

WÖSTEN, J.H.M., LILLY A., B, A. NEMES C, C. LE BAS D. Development and use of a database of hydraulic properties of European soils. *Geoderma*, v. 90:169-185, 1999.

Sites consultados:

<http://www.oeco.org.br/convidados/25724-novo-codigo-florestal-expoe-areas-umidas-como-pantanal> (como citar no texto?)

<http://www.solos.esalq.usp.br/coleta.htm>

<http://giovanijr.wordpress.com/agricultura-irrigada/principais-metodos-de-determinacao-da-umidade-do-solo/>

[file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Documents/UFMT%202015/%C3%81reas%20%C3%9Amidas%20e%20Inunda%C3%A7%C3%A3o/classificacao\\_areas\\_umidas\\_completo.pdf](file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Documents/UFMT%202015/%C3%81reas%20%C3%9Amidas%20e%20Inunda%C3%A7%C3%A3o/classificacao_areas_umidas_completo.pdf)

[http://www.inau.org.br/classificacao\\_areas\\_umidas\\_completo.pdf](http://www.inau.org.br/classificacao_areas_umidas_completo.pdf)

[https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/b5db2b66047bd7e134aaa61107976882\\_2822b78d2212eb5f4a21c17df61db526.pdf](https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/b5db2b66047bd7e134aaa61107976882_2822b78d2212eb5f4a21c17df61db526.pdf)