

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

**DINÂMICA SAZONAL DE NUTRIENTES NOS SOLOS  
EM DIFERENTES FITOFISIONOMIAS VEGETAIS NO  
NORTE DO PANTANAL MATO-GROSSENSE**

**DANIELLE CHRISTINE STENNER NASSARDEN**

**PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. NADJA GOMES MACHADO**  
Orientadora

Cuiabá, MT  
Janeiro/2016

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

**DINÂMICA SAZONAL DE NUTRIENTES NOS SOLOS  
EM DIFERENTES FITOFISIONOMIAS VEGETAIS NO  
NORTE DO PANTANAL MATO-GROSSENSE**

**DANIELLE CHRISTINE STENNER NASSARDEN**

*Dissertação apresentada ao Programa  
de Pós-Graduação em Física Ambiental  
da Universidade Federal de Mato  
Grosso, como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Mestre em Física  
Ambiental.*

**PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. NADJA GOMES MACHADO**  
**Orientadora**

Cuiabá, MT  
Janeiro/2016

**Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.**

N265d Nassarden, Danielle Christine Stenner.  
DINÂMICA SAZONAL DE NUTRIENTES NOS SOLOS EM  
DIFERENTES FITOFISIONOMIAS VEGETAIS NO NORTE DO  
PANTANAL MATO-GROSSENSE / Danielle Christine Stenner  
Nassarden. -- 2016  
50 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Nadja Gomes Machado.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso,  
Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física  
Ambiental, Cuiabá, 2016.  
Inclui bibliografia.

1. Solos alagados. 2. fitofisionomias. 3. nutrientes. 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**

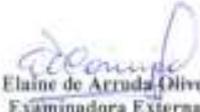
**TÍTULO:** DINÂMICA SAZONAL DE NUTRIENTES NOS SOLOS EM  
DIFERENTES FITOFISIONOMIAS VEGETAIS NO NORTE  
DO PANTANAL MATO-GROSSENSE

**AUTORA:** DANIELLE CHRISTINE STENNER NASSARDEN

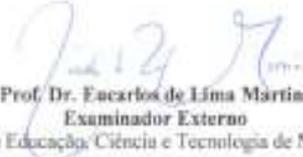
Dissertação de Mestrado defendida e aprovada em 28 de janeiro de 2016, pela  
comissão julgadora:

  
**Prof. Dra. Nadja Gomes Machado**  
**Orientadora**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - IFMT

  
**Prof. Dra. Elaine de Arruda Oliveira Coringa**  
**Examinadora Externa**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - IFMT

  
**Prof. Dr. Eucarlos de Lima Martins**  
**Examinador Externo**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - IFMT

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais Oacil e Alexandra,  
exemplos de pessoas e profissionais;  
Aos meus avós Uwe, Oacil, Pedrosa e  
Mirtes que sempre estiveram dispostos a  
me auxiliar; e  
Ao meu noivo Estherfson, companheiro

de todos os momentos;

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus em primeiro lugar;

A Profa. Dra. Nadja Gomes Machado, pela orientação, apoio e confiança;

Ao Prof. Dr. Marcelo Sacardi Biudes pela ajuda na orientação

Ao Prof. Dr. José de Souza Nogueira, pelo grande trabalho feito para a realização deste curso de mestrado; A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, que compartilharam seus conhecimentos;

Aos amigos de campo, Lucas Peres Angelini e Dalila Morgana de Souza Mützemberg pelo trabalho colaborativo e pelos momentos de descontração no campo;

A todos os trabalhadores do Parque Baía das Pedras por terem ajudado no deslocamento para coleta de dados no período de inundação;

Aos membros da banca examinadora pelos comentários e sugestões apresentados com o objetivo de valorizar a dissertação;

A todos os colegas da Pós-Graduação em Física Ambiental pelos momentos de alegria no convívio, e em especial, a Victor Hugo de Moraes Danelichen, Maísa Caldas Souza, Pablinne Cynthia Batista Silva e Silva, Marcos Alves Fausto, Jéssica da Silva Linhares Frederico

À Soílce e Cesário pela colaboração nos serviços da secretaria que auxiliam o desenvolvimento do mestrado;

Aos meus pais, Oacil e Alexandra pelo amor, apoio e ensinamentos que foram fundamentais para a conclusão do mestrado;

Ao meu noivo, Estherfson pelo amor, compreensão e incentivo indispensáveis para minha vida pessoal e profissional;

Aos meus familiares que compreenderam minhas ausências por causa da necessidade de dedicação ao mestrado;

Ào IFMT pela ajuda de custo nas coletas realizadas nessa pesquisa

Ào CNPQ pelo apoio financeiro

## SUMÁRIO

<b>1.INTRODUÇÃO</b> .....	<b>6</b>
<b>1.1 PROBLEMÁTICA</b> .....	<b>6</b>
<b>1.2 JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>6</b>
<b>1.3 HIPÓTESES</b> .....	<b>7</b>
<b>1.4OBJETIVO</b> .....	<b>7</b>
<b>1.4.1 OBJETIVO GERAL</b> .....	<b>7</b>
<b>1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>7</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>8</b>
<b>1.1PANTANAL</b> .....	<b>8</b>
<b>1.2VEGETAÇÃO MONODOMINANTE</b> .....	<b>9</b>
<b>1.3NUTRIENTES DO SOLO</b> .....	<b>11</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>14</b>
<b>3.1 ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>14</b>
<b>3.2 VARIÁVEIS MICROMETEOROLÓGICAS</b> .....	<b>15</b>
<b>3.3 PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO</b> .....	<b>16</b>
<b>3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS</b> .....	<b>17</b>
<b>4. RESULTADOS</b> .....	<b>18</b>
<b>5. DISCUSSÃO</b> .....	<b>24</b>
<b>5.1EFEITO DA VEGETAÇÃO NA DINÂMICA DE NUTRIENTES</b> .....	<b>24</b>
<b>5.2EFEITO DOS PERÍODOS HIDROLÓGICOS NA DINÂMICA DE NUTRIENTES</b> .....	<b>27</b>
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	<b>33</b>
<b>7. RECOMENDAÇÕES</b> .....	<b>34</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>35</b>
<b>8. ANEXO</b> .....	<b>43</b>

## **LISTA DE FIGURAS**

**Figura 1** – Localização da área de estudo no Parque Baía das Pedras em Poconé, MT, Brasil.

**Figura 2** – Média mensal de precipitação (mm) no Pantanal Mato-Grossense, de Dezembro/2013 à Dezembro/2014 .

## **LISTA DE TABELAS**

**Tabela 1** - Intervalo de confiança e média anual das propriedades químicas e físicas do solo no Norte do Pantanal Mato-Grossense.

**Tabela 2** - Intervalo de confiança e variação espacial por estação das propriedades químicas e físicas do solo em diferentes períodos hidrológicos no Norte do Pantanal Mato-Grossense

**Tabela 3** – Comparação das variações dos nutrientes do solo após a inundação entre esta pesquisa, Machado et al. (2015), Vourlitis et al. (2011) e Lima et al. (2005). – não avaliado na pesquisa.

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

ANCOVA – Análise de Covariância

Al+H – Acidez potencial

Al - Alumínio

Ca+Mg - Soma das Bases

Ca - Cálcio

CTC - Capacidade de Troca Catiônica

COT- Carbono orgânico total

H - Hidrogênio

K- Potássio

Mg - Magnésio

P - Fósforo

Nt - Nitrogênio Total

SESC - Serviço Social do Comércio

V% – Saturação por Bases

## RESUMO

NASSARDEN, D.C.S. Dinâmica Sazonal de nutrientes no solos em diferentes fitofisionomias vegetais no Norte do Pantanal Mato-Grossense. Cuiabá, 2015, dissertação (mestrado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

O Pantanal sofre frequentes oscilações dos níveis da inundação, essas por sua vez, são causadas pela variação pluviométrica e mudanças na dinâmica de sedimentos ao longo do tempo. O pulso de inundação altera as propriedades químicas e físicas do solo, modificando a concentração de nutrientes. Esse regime de inundação corrobora para o desenvolvimento de algumas espécies de vegetação invasoras e monodominantes. Nesse sentido, o objetivo desse estudo foi compreender a dinâmica de nutrientes do solo em diferentes fitofisionomias, sob diferentes condições hidrológicas no Norte do Pantanal Mato-grossense. O estudo foi realizado no Parque Baía das Pedras na Estância Ecológica SESC Pantanal em Poconé/MT. As amostras foram coletadas no solo de 03 fitofisionomias denominadas de Cambará, Campo inundável e Pombeiral, e em cada local foram retirados 03 amostras indeformadas de solo. As coletas foram realizadas em três períodos hidrológicos distintos, sendo eles Antes da inundação (Dezembro/2013), Depois da inundação (Julho/2014) e na Seca (Outubro/2014). Houve aumento de matéria orgânica depois da inundação nos solos do Cambará e no Pombeiral. Houve diferença na concentração de nutrientes dos solos de acordo com o tipo de vegetação e com o período hidrológico. Houve alteração do pH do solo depois da inundação. A concentração de  $H^+$  interferiu na acidez do solo, e substituindo assim elementos essenciais como  $Ca+Mg$ .

**Palavras-chave:** Solos Alagados, fitofisionomias, nutrientes.

## ABSTRACT

NASSARDEN, D.C.S. Dinâmica Sazonal de nutrientes no solos em diferentes fitofisionomias vegetais no Norte do Pantanal Mato-Grossense. Cuiabá, 2015, dissertação (mestrado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

The Pantanal undergoes frequent fluctuations of the flood levels, these in turn, are caused by rainfall variation and changes in the dynamics of sediments over the time. The flood pulse changes the chemical and physical properties of the soil, changing the concentration of nutrients. This regime of flood corroborates to the development of some species of invasive and monodominant vegetation. In this sense, the objective of this study was to understand the dynamics of soil nutrients in different phytophysionomies, under different hydrological conditions in Northern Pantanal of Mato Grosso. The study was performed at Baía das Pedras Park in the Ecological Resort SESC Pantanal in Poconé / MT. The samples were collected in the soil of 03 phytophysionomies named Cambará, Flooded Field and Pombeiral, and at each location were removed 03 samples of indeformed soil. The gathering was held in three distinct hydrological periods, been them before the flood (December / 2013), after the flood (July / 2014) and at the dry (October / 2014). There was an increase of organic matter after the flood at Cambara and Pombeiral soils. There was differences in the concentration of soil nutrients according to the type of vegetation and with the hydrological period. There was a change in the pH of the soil after the flood. The concentration of H<sup>+</sup> interfered in soil acidity, and thus replacing essential elements such as Ca + Mg.

Keywords: flooded soils, vegetation types, nutrients.



# **1. INTRODUÇÃO**

## **1.1 PROBLEMÁTICA**

Pesquisas em áreas úmidas nos trópicos tem ganhado atenção especial pela riqueza de sua fauna e flora, bem como pela existência de complexos fenômenos decorrentes da interação entre seus fatores bióticos e abióticos. Essas complexas interações tornam essa áreas prioritárias para desenvolver estudos ecológicos e planos de conservação, porque a alteração em um de seus componentes afetará os outros componentes por meio de um efeito em cadeia.

O Pantanal, maior área úmida do planeta, é considerado uma savana hipersazonal, cuja principal força moderadora é o pulso de inundação em função de sua baixa drenagem. As frequentes oscilações nos níveis de água na superfície que ocorrem no Pantanal funcionam como uma perturbação para o solo e a vegetação. Essa perturbação altera as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, bem como o estabelecimento e desenvolvimento de estandes monodominantes de vegetação.

Solos submersos, presentes nas planícies de inundação como no Pantanal, sofrem alterações, decorrentes de processos de transporte que controlam os fluxos de solutos e gases. Devido o regime sazonal de inundação, ocorre a lixiviação ou a deposição de sedimentos, dessa forma o a matéria orgânica é acumulado. Esse acúmulo modifica o pH do solo, pois ocorre a substituição de minerais essenciais por H<sup>+</sup> afetando as transformações dos nutrientes nos solos.

## **1.2 JUSTIFICATIVA**

Além da variação provocada pelo pulso de inundação no Pantanal, atividades econômicas têm contribuído para alteração nos ecossistemas naturais nessa região que são rapidamente substituídos pela agropecuária. Culturas agrônômicas ou pastagens e vegetações perturbadas (como estandes monodominantes de vegetação) possuem diferentes padrões de troca de água, deposição e decomposição da matéria orgânica e energia com a atmosfera, bem como diferentes dinâmicas de nutrientes no solo.

Em áreas alagadas, deposição e a mineralização de matéria orgânica é afetada

diretamente pela saturação do solo, bem como a quantidade de nutrientes também é modificada. Destaca-se que as áreas inundadas apresentam menor taxa de decomposição de matéria orgânica do que áreas não inundadas, provocando acúmulo de carbono no solo. Portanto, ciclos consecutivos de seca e umedecimento dos solos afetam as taxas de mineralização da matéria orgânica, podendo provocar perda de nutrientes ou dificultar a transformação dos nutrientes orgânicos em formas disponíveis para o crescimento das plantas.

Poucos estudos têm sido desenvolvidos sobre a dinâmica de nutrientes do solo nos períodos antes e depois da inundação e na seca em diferentes tipos de vegetação monodominante no Pantanal. Sendo assim, entender como a dinâmica de nutrientes varia de acordo com a heterogeneidade da vegetação contribuirá para avaliar o papel ecológico da inundação no Pantanal.

### **1.3 HIPÓTESES**

- i. A inundação modifica a acidez do solo e a concentração de nutrientes, por causa da lixiviação de nutrientes, substituição por  $H^+$  e diminuição da decomposição de matéria orgânica;
- ii. A dinâmica de nutrientes será diferente entre as fitofisionomias monodominantes, devido possuírem diferentes necessidades de nutrientes.

### **1.4 OBJETIVO**

#### **1.4.1 OBJETIVO GERAL**

- Compreender a dinâmica sazonal de nutrientes do solo em diferentes fitofisionomias vegetais no Norte do Pantanal Mato-grossense.

#### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Avaliar o efeito da sazonalidade na concentração de nutrientes do solo em diferentes fitofisionomias;
- Avaliar a contribuição da vegetação na dinâmica de nutrientes no solo.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1.1 PANTANAL

As áreas úmidas são consideradas um grande sistema complexo e permanente de zonas de transição aquática ao longo das planícies periodicamente inundáveis (JUNK et al., 1989). Essas áreas úmidas cobrem no mundo em torno de 250 milhões de hectares, tendo uma grande importância nos ciclos biogeoquímicos e como habitats para a vida silvestre de todos os tipos. Nestas áreas, a saturação ou completo alagamento do solo pela água superficial ou subterrânea seleciona organismos com adaptações para viver em solos mal drenados, e também influenciam o clima, retendo sedimentos e funcionando como filtro biológico de resíduos orgânicos e nutrientes vindos dos afluentes (LUGO, 1990).

Levando em conta a amplitude, frequência, previsibilidade e força de inundação, foram determinadas sete grandes áreas úmidas no mundo, tornando-se áreas prioritárias para conservação biológica por manterem grande diversidade de flora e fauna (JUNK et al., 2006). Dentre elas, há o Pantanal, considerado a maior planície sazonalmente inundável da Terra, com aproximadamente 138.183 km<sup>2</sup> (SILVA E ABDON, 1998).

As flutuações anuais do nível de água regulam os processos ecológicos existentes (JUNK et al., 1989; NEIFF, 1990). Sua hidrografia é formada por grandes rios, como o Paraguai, Cuiabá, São Lourenço, Piquiri, Taquari e Negro, entre outros. Esta complexa rede hidrográfica, em conjunto com diversos tipos de solo, dá origem a uma grande variedade de paisagens. O Pantanal inclui um mosaico de formações vegetais do chaco, do cerrado do Planalto Central e da Floresta Amazônica (PRANCE & SCHALLER, 1982). O mesmo é distribuído entre os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, foi dividido em 11 sub-regiões (SILVA & ABDON, 1998).

Os solos da região do Pantanal costumam ser argilosos, sendo caracterizados como solos variáveis. Comumente isso ocorre devido essas áreas serem sujeitas a inundações e transbordamentos de rio e tendem a conter mais areias nas partes mais altas dos leques aluviais, incluindo áreas sujeitas a inundação por chuva local (HAMILTON, 2002; MACHADO et al., 2015).

Essa área possui como característica a grande variação temporal do nível

d'água, que são denominadas como pulso de inundação. O mesmo é capaz de regular os processos ecológicos e a heterogeneidade da vegetação (JUNK et al., 1989). As características determinantes dos processos hidrológicos e do pulso sazonal e de inundação são geralmente com frequência de uma vez por ano, com a profundidade da inundação variando em torno de 10 cm a 2 m ou mais, e a duração varia em torno de 1 a 2 meses ou mais (HAMILTON, 2002; MACHADO et al, 2015).

O regime da inundação monomodal ocorre devido o mesmo começar logo após o início das chuvas (dezembro) ao norte, contudo na parte central e sul podem ocorrer desfasagens de até 3 meses entre o pico das precipitações, que ocorre em fevereiro ou março, e o máximo das inundações (CADAVID GARCIA, 1984; FANTIN-CRUZ et al., 2010). A inundação das planícies geralmente é mantida pelo transbordamento dos rios devido os canais intermitentes. Em locais distantes a influencia do rio se torna menor, e a inundação pode ser causada por chuvas locais. O Pantanal possui característica topográfica com altitudes que variam em entre 100 e 180m formando assim um relevo baixo e plano (FANTIN-CRUZ et al., 2010).

## **1.2 VEGETAÇÃO MONODOMINANTE**

Tanto no Brasil quanto em diferentes partes do mundo, são encontradas espécies lenhosas capazes de dominar mais de 50% de uma determinada área, formando assim as florestas monodominantes (CONNELL & LOWMAN, 1989). Este caso é muito frequente em regiões tropicais como na África Central (HART et al., 1989), e no Brasil. Segundo Hart et al. (1989), a origem da vegetação monodominante juntamente com sua manutenção podem ser explicadas através da dinâmica populacional da espécie dominante, com relação as condições bióticas e abióticas do habitat. No entanto a monodominância pode variar entre as vegetações (READ et al., 2006).

Em hipóteses baseando se no espaço, o dossel monodominante encontra se atrelado principalmente à qualidade do solo com limitação de nutrientes e pouca drenagem. Ao se tratar de tempo, pode estar atribuído à sucessão ecológica, contendo espécies de crescimento rápido com requisitos de luz intensa após uma perturbação, ou em estágio sucessional tardio de espécies tolerantes à sombra (TOKUOKA et al., 2011; READ et al., 2006; HART et al., 1989).

O Pantanal sofre frequentes oscilações dos níveis da inundação, essas por sua vez, são causadas pela variação pluviométrica e mudanças na dinâmica de sedimentos ao longo do tempo (MACHADO et al., 2015). Esse tipo de regime faz com que ocorra um filtro do qual estabelece e limita o desenvolvimento de algumas espécies de plantas.(VAN DER VALK, 1981). Essas constantes variações as fazem enfrentar mudanças fundamentais das condições ambientais dos mesmos, sendo elas muitas vezes as de extremo estresse hídrico, seja pela falta ou pelo excesso de água (JUNK & DA SILVA, 1999).

Silva et al., (2000) identificaram 16 classes de vegetação com base nas fitofisionomias, sendo os campos a mais representativa (31%), seguida do cerradão (22%), cerrado (14%), campos inundáveis (7%), floresta semidecídua (4%), mata de galeria (2,4%) e tapetes de vegetação flutuantes ou 'baceiros' (2,4%). As características do meio vêm influenciando a presença de inúmeras espécies pioneiras no Pantanal, sendo um dos grandes exemplo a *Vochysia divergens* Pohl (Vochysiaceae). Essa espécie é considerada invasora e naturalmente abundante na região, se forma em estandes monodominantes, sendo chamados de carandazal e cambarazal, respectivamente (NASCIMENTO & NUNES DA CUNHA, 1989; POTT & POTT, 1994; SILVA et al., 2000).

Ao que tudo indica, essa espécie pode estar se espalhando devido ao reflexo da dinâmica natural. Observa-se que estandes monodominantes de cambará ocupam 6,4% da sub-região do Pantanal de Poconé, perfazendo 3,1% da vegetação do Pantanal (MACHADO et al., 2015; SILVA et al., 2000). *Vochysia divergens* pohl se destaca por apresentar características ecológicas e fisiológicas que favorecem seu rápido espalhamento e dominância em campos sazonalmente inundados, umas das causas pode estar atrelado aos ciclos plurianuais de inundação.

O *Vochysia divergens* pohl também possui características definidas como resistência a prolongados períodos de alagamento, a capacidade de suas plântulas para manter suas folhas intactas em baixo da superfície da água, grande produção de sementes espalhadas pelo vento e água (JUNK& DA SILVA 1999; NUNES DA CUNHA & JUNK , 2004). Sendo assim capaz de exercer um importante papel na região, de modo a indicar mudanças no regime hidrológico

(ARIEIRA & NUNES DA CUNHA ,2006), tolerando extensos períodos de inundação (MACHADO et al., 2015).

São comuns formações vegetacionais mono-específicas, pois além dos cambarazais ocorre a presença dos pombeirais. O *Combretum lanceolatum* Pohl (Combretaceae) popularmente é conhecido como "pombeiro-vermelho", é uma espécie vegetal que pode ser encontrada em vários domínios fitogeográficos do norte ao sul do Brasil incluindo Amazônia, Pantanal, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica, cujo gênero é constituído por cerca de 200 espécies (MARQUETE & VALENTE, 2010). O Pombeiral pode atingir cerca de quatro metros e ocorre próximo a corpos d'água permanentes, em áreas sujeitas a prolongado período de inundação, podendo assim formar grandes estandes monodominantes (NUNES DA CUNHA et al., 2007).

*Ipomoea carnea* spp. *Fistulosa*, conhecido localmente algodão-do-Pantanal ou algodão-bravo (FREY, 1995), referindo-se a tampa peludo das sementes, é um arbusto perene, facilmente encontrado em estandes monodominantes no Pantanal, estando presente em lugares temporariamente alagados sujeitas a inundação sazonal com duração de até seis meses (ALLEM & VALLS, 1987) e em áreas de pastagens onde a cobertura vegetal de gramínea é gradualmente degradada por pisoteio de gado, ação antrópica, e até mesmo queimadas. Geralmente a *I. Carnea* precisa de muito tempo para cobrir grandes áreas, porém é sempre deixada quase intacta pelo gado, transformando assim em uma erva daninha típica de pastagem (RAINER HAASE, 1998).

### **1.3 NUTRIENTES DO SOLO**

Os solos e sedimentos submersos ocupam 72% da superfície da Terra (PONNAMPERUMA, 1972). Solos que estão temporariamente submersos devido ao regime de inundação, são considerados áreas úmidas e/ou planície de inundação. Estes por sua vez são considerados fontes, sumidouros e transformadores de nutrientes e carbono, podendo contribuir para a estabilidade global de dióxido de carbono, metano e enxofre na atmosfera e de nitrogênio disponível e fósforo nas águas de superfície. São importantes também por serem sumidouros regionais de poluentes orgânicos e inorgânicos (KIRK, 2004; MACHADO et al., 2015).

Os solos da planície do Pantanal foram desenvolvidos em decorrência de sedimentos carregados de regiões mais elevadas. Essas características são diretamente influenciadas pelo regime de inundação periódica a que estão submetidos, sendo o hidromorfismo o processo que ocorre quando o arejamento é deficiente devido ao excesso de água que faz com que ocorra uma lenta decomposição da matéria orgânica (EMBRAPA, 2001).

O alagamento decorrente em áreas úmidas, é capaz de alterar as propriedades físicas, químicas e biológicas no solo (PEZESHKI & DELAUNE, 2012), alterando principalmente os processos de transporte que controlam os fluxos de solutos e de gases através do solo (KIRK, 2004). Esse processo faz com que o solo torne se rapidamente anóxico após o alagamento, em decorrência do solo se encontrar bem drenado possuindo os poros cheios de água, ocorre assim um lento transporte de oxigênio (KIRK, 2004).

As áreas úmidas sofrem alternância constantes de condições aeróbicas e anaeróbicas, estando assim relacionada a modificação de vários e importante processos no solo (REDDY & PATRICK, 1975). Devido a restrição de difusão do ar atmosférico no solo ocorre uma depleção do oxigênio e acumulação de dióxido de carbono no solo (GREENWAY et al., 2006). Logo após o alagamento, o solo se encontra com suprimento limitado de oxigênio nos poros, o mesmo é consumido rapidamente pelas raízes e microrganismos, provocando a redução do potencial de oxirredução no solo (PEZESHKI & DELAUNE, 2012; REDDY & PATRICK, 1975; PONNAMPERUMA, 1972).

Tendo em vista isso, a medida que o fornecimento de oxigênio do ar para o solo é reduzido e vários microrganismos anaeróbios obrigatórios e facultativos utilizam compostos oxidados como aceptores de elétrons para sua respiração, convertem-se para as formas reduzidas (PEZESHKI & DELAUNE, 2012; BURESH et al., 2008). Esse potencial de oxirredução é a maior e mais importante diferença química que ocorre no solo submerso e solo bem drenado (PEZESHKI & DELAUNE, 2012; PONNAMPERUMA, 1972).

As reações químicas de oxirredução estão envolvidas com a transferência de elétrons, entre os agentes redutores, que por sua vez são doadores e perdem elétrons, e os agentes oxidantes, que são aqueles que recebem/ganham

elétrons (KIRK, 2004; PONNAMPERUMA, 1972). Tendo em vista isso, pode se afirmar que a redução do potencial de oxirredução, é a diminuição da recepção de elétrons, ou seja diminui as reações de oxidação e aumenta as reações de redução, sendo assim o solo passa de um estado oxidado para um estado reduzido. Após ocorrer a depleção do oxigênio tanto por respiração de microorganismos quanto por raízes ocorre a redução do pH (PONNAMPERUMA, 1972).

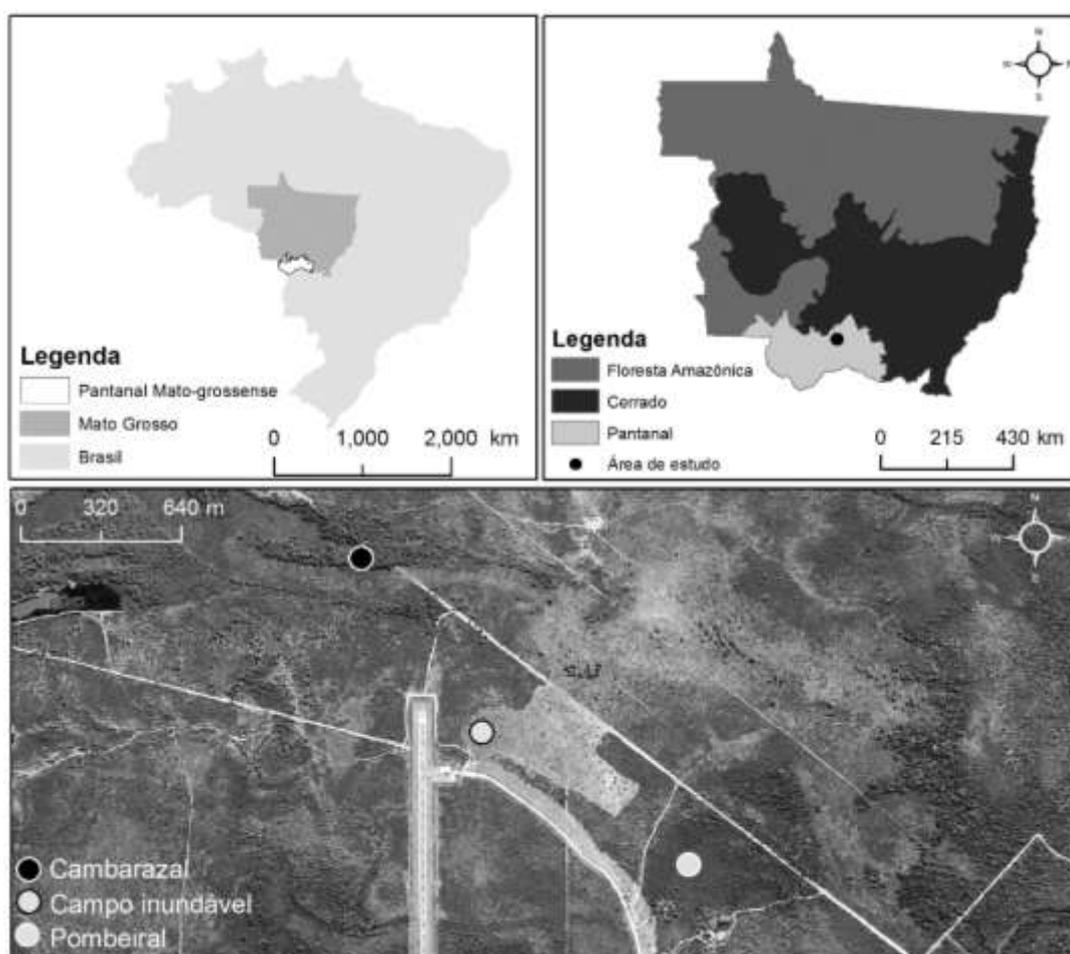
Geralmente solos que contém teores ácidos , contendo pH menor que 7, possuem tendência de liberar alumínio, sendo o mesmo tóxico as plantas. A acidez do solo muitas vezes veem interligadas com baixa fertilidade, que por sua vez são carentes de Cálcio (Ca), Magnésio(Mg) e Potássio(K), ocorre também grande presença de elementos considerados acidificantes como o Hidrogênio (H<sup>+</sup>) e Alumínio (Al) (CAMARGO & VALADARES, 1982).

Com relação ao perfil do solo submerso em relação ao potencial de oxirredução, existe a formação progressiva por mais aceptores de elétrons reduzidos. Conforme a maior profundidade do solo, existe a presença CO<sub>2</sub> e H<sup>+</sup> , sendo os mesmos aceptores de elétrons (KIRK, 2004). O regime de inundações e alagamento também altera as propriedades hidráulicas do solo. Isso ocorre devido o que se encontra preso no interior dos agregados estar comprimido por causa da acumulação de produtos voláteis oriundos da respiração, fazendo com que ocorra dissolução de grandes agregados, da matéria orgânica e óxidos que atuam como agentes de cimentação dos agregados (KIRK, 2004; MACHADO et al., 2015). A medida que os gases se acumulam nos poros, a permeabilidade do solo tende a aumentar, no entanto quando o solo começa a desagregar, a permeabilidade diminui gradualmente (KIRK, 2004).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada no Pantanal Mato-Grossense na unidade avançada de pesquisas da UFMT, dentro da Estância Ecológica SESC Pantanal – Parque Baía das Pedras entre as latitudes 16°29'04'' e 16°29'10'' S e longitude 56°25'25'' e 56°25'36'' O, em Poconé, Mato Grosso, (Figura 1).



**Figura 1** – Localização da área de estudo no Parque Baía das Pedras em Poconé, MT, Brasil.

O clima regional é do tipo AW de Köppen, quente e úmido com chuvas no verão e estiagem no inverno. A pluviosidade oscila entre 800 e 1.400 mm/ano, sendo que 80% ocorrem entre os meses de novembro e março. A média anual de temperatura oscila entre um máximo de 29 a 32°C e um mínimo de 17 a 20°C com

temperatura média de 22 a 32 °C, e 100 a 150 metros de altitude (BIUDES et al., 2009; BIUDES et al., 2012). Os solos são de origem sedimentar, ocorrendo em fases argilosa e arenosa de forma alternada e descontínua, com a dominância de solos hidromórficos (AMARAL FILHO, 1984; CORINGA et al., 2012).

O estudo foi realizado em três fitofisionomias: Cambará: (*Vochysia divergens* Pohl) é caracterizada como uma floresta monodominante e invasora, mais conhecido na região como Cambará. Campo Inundável: predomina (*Ipomoea carnea* spp. *Fistulosa*), conhecida localmente como algodão-do-Pantanal ou algodão-bravo (FREY, 1995). Pombeiral: (*Combretum lanceolatum* Pohl Combretaceae), popularmente é conhecido como “pombeiro-vermelho”, sendo descrito como pombeiral. Foram determinados esses locais de estudo pois elas são consideradas invasoras e monodominantes na região do Pantanal.

As coletas das amostras de solo foram realizadas com o auxílio de um trado, sendo coletadas amostras de solos indeformadas para análise das propriedades químicas e físicas do solo. Em cada fitofisionomia foram coletadas três amostras de solo de forma aleatória. As amostras foram coletadas em três períodos hidrológicos distintos: Antes da inundação (Dezembro/2013): Marcando o período de início das chuvas, sem a presença de lamina d'água no solo. Depois da inundação (Julho/2014): analisando o efeito da inundação no solo logo após a estiagem, sem a presença de lamina d'água no solo. Seca (Outubro/2014): Avaliando o efeito da seca na região sem inundação.

Através dessas análises, foram possíveis avaliar os efeitos de todos os períodos sazonais hidrológicos característicos da região e o efeito da vegetação na dinâmica de nutrientes do solo.

### **3.2 VARIÁVEIS MICROMETEOROLÓGICAS**

Os dados de precipitação foram coletados de uma estação micrometeorológica (modelo WXT520, Vaisala Inc., Helsinki, Finland) instalada em uma floresta sazonalmente inundada no Pantanal, no Parque Baía das Pedras da Estância ecológica SESC Pantanal. Foi monitorado a 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 PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO

No período de estudo, com a utilização de um trado com anel volumétrico de 10 cm<sup>3</sup>, foram coletados três amostras de solos nas diferentes fitofisionomias. Nas amostras foram analisados pH, fósforo (P), potássio (K<sup>+</sup>), cálcio (Ca<sup>2+</sup>), magnésio (Mg<sup>2+</sup>), alumínio (Al<sup>3+</sup>), hidrogênio (H<sup>+</sup>), conteúdo de matéria orgânica, Carbono orgânico total (COT), Nitrogênio total (Nt) e granulometria do solo por um laboratório de análise comercial de solo (Plante Certo, Inc., Várzea Grande, Mato Grosso, Brasil).

A granulometria foi realizada pelo método da pipeta. O pH foi analisado em extratos de água destilada a partir de 1:2,5 solo/extrato, usando um medidor de pH padrão (474, Micronal, São Paulo, Brasil). O P foi analisado colorimetricamente a partir de extratos de Mehlich 1 (HCl 0,05N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125N), usando um colorímetro (600s, FEMTO, São Paulo, Brasil). O K<sup>+</sup> foi analisado a partir de extratos de Mehlich 1 (HCl 0,05N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125N), usando um fotômetro de chama (B262, Micronal, São Paulo, Brasil). O Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> extraível foram analisados a partir de extratos de KCl 1M, utilizando um espectrômetro de absorção atômica de chama (AA1475, Intralab, São Paulo, Brasil).

O Al<sup>3+</sup> trocável foi analisado pelo método volumétrico por titulação com hidróxido de sódio, com uma bureta semi-automática, após extração do solo por KCl 1 M. A acidez potencial (H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>) foi analisada pela extração da acidez potencial de solos com solução de acetato de cálcio e titulação alcalimétrica do extrato, com uma bureta semiautomática. A matéria orgânica foi oxidada a frio, agitando-se as amostradas de solo em uma solução contendo dicromato de sódio e ácido sulfúrico, na sequência, fez-se leitura colorimétrica da cor do Cr (III), reduzido pelo carbono orgânico com um colorímetro (600s, FEMTO, São Paulo, Brasil).

O carbono orgânico total (COT) foi determinado por oxidação da matéria orgânica com dicromato de potássio na presença de ácido sulfúrico concentrado, método Walkley-Black. O nitrogênio total (Nt) foi quantificado por titulação Kjeldahl. Com os resultados das análises químicas, foram calculados os valores de soma de bases trocáveis (SB), CTC e saturação por bases (V%). Todas as

metodologias citadas seguiram as norma da EMBRAPA, 2009.

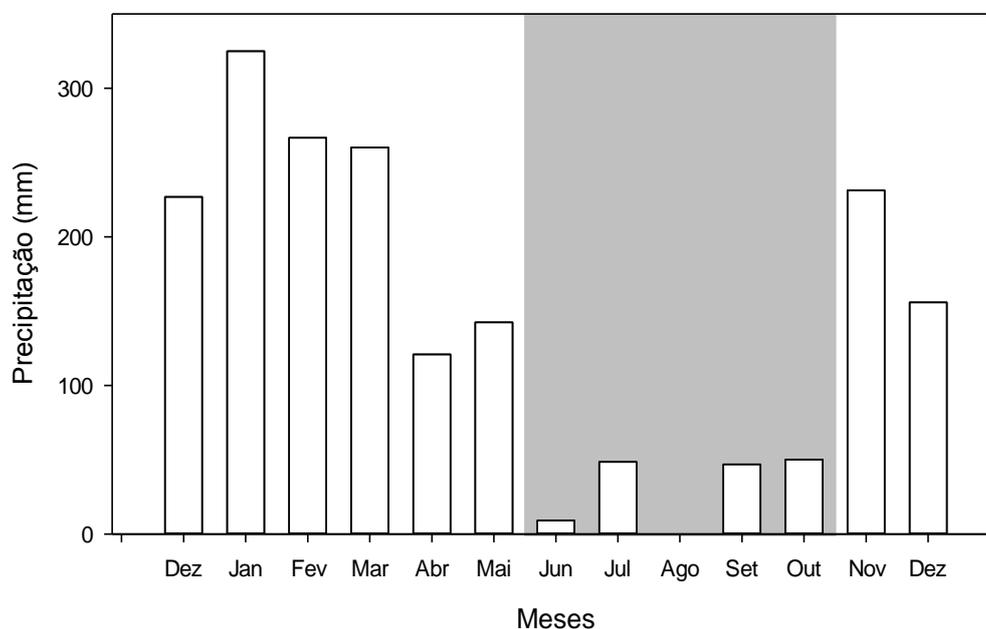
### **3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS**

Diferenças nas concentrações de nutrientes foram avaliadas pela comparação entre os intervalos de confiança ( $\pm 95\%$ ) da média calculados por estimativas de bootstrapping com 1000 interações para amostragem aleatória com substituição (Efron, B. and Tibshirani, R.J. 1993). A correlação de Spearman foi utilizada para verificar o grau de correlação entre as variáveis físicas e químicas do solo (Spearman, 1904). As análises estatísticas foram realizadas no Programa R .

## 4. RESULTADOS

### 4.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS SOLOS

A precipitação mensal variou de 0 a 421,34 mm no período de dezembro/2013 à dezembro/2014 (Figura 2). A precipitação teve valores elevados em janeiro/2014 à maio/2014, e voltou a aumentar em novembro/2014. O período de seca ocorreu de junho/2014 à outubro/2014, sendo que em agosto/2014 não houve precipitação.



**Figura 2** – Média mensal de precipitação (mm) no Norte do Pantanal Matogrossense, de Dezembro/2013 à Dezembro/2014 .

Os resultados da análise do solo revelam que o solo do Cambará apresenta textura argilosa e do Pombeiral e Campo Inundável apresenta textura muito argilosa (Tabela 1). A média anual da Us no solo Campo Inundável foi 8,74% maior do que no solo do Pombeiral e 4,73% maior no solo do Cambará, mas não houve diferença significativa entre Us nas fitofisionomias. O intervalo do pH no solo das três fitofisionomias foram diferentes, sendo maior no solo do Cambará e menor no solo do Pombeiral, contudo os três solos foram considerados ácidos.

A CTC foi maior no solo do Campo inundável, contudo não diferiu do valor

encontrado no solo do Pombeiral, mas a CTC no solo do Cambará foi menor e diferiu do solo das outras fitofisionomias (Tabela 1). Os valores encontrados de COT e MO no solo foram maiores no solo do Pombeiral e menor no solo do Campo Inundável, contudo COT e MO não diferiram estatisticamente entre as fitofisionomias.

Os valores encontrados de H+Al foram elevados nos solos do Pombeiral e menor no solo do Campo inundável (Tabela 1). O valores de H+Al no solo do Pombeiral diferiu do solo no Campo inundável . mas no solo do Cambará não diferiu das outras fitofisionomias. Os valores encontrados de Al foi maior no solo do Pombeiral e menor no solo do Cambará, entretanto H+Al e Al não diferiram estatisticamente entre as fitofisionomias.

Com relação aos valores de Ca, Mg e as somas das bases de Ca+Mg o solo do Cambará apresentou os menores valores, já no solo do Pombeiral e do Campo inundável os valores foram maiores e não diferiram estatisticamente (Tabela 1). Os valores de Ca+Mg não diferiu entre os locais. Os valores encontrados de Ca no solo do Campo Inundável diferiu de todos as outras fitofisionomias, mas o solo do Pombeiral não diferiu do solo no Cambará. Os valores encontrados de Mg no solo não foram significativamente diferente entre as fitofisionomias, porém foi maior no solo do Campo inundável e menor no solo do Cambará.

Os valores encontrados de P no solo o Cambará apresentou o maior valor e o Pombeiral o menor, contudo os valores de P no solo do Campo Inundável não diferiu do Pombeiral, mas Cambará diferiu de todos (Tabela 1).

O solo das três fitofisionomias apresentaram elevados valores de V%, entretanto o solo do Campo inundável apresentou o maior valor, e estatisticamente, diferiu do solo das outras fitofisionomias.

**Tabela 1** - Intervalo de confiança e média anual das propriedades químicas e físicas do solo no Norte do Pantanal Mato-Grossense.

Variável		Cambará	Campo inundável	Pombeiral
<b>Areia</b>	g/kg	292.8±40.3	159.4±31.4	203±31.5
<b>Silte</b>	g/kg	266.6±38.1	216.5±16	195.4±19.2
<b>Argila</b>	g/kg	440.5±31.4	624.0±18.7	601.5±25.7
<b>Us</b>	%	17.9±5.1	23.3±4.6	20.4±5.9
<b>pH</b>	H <sub>2</sub> O	5.3±0.1	5.2±0.1	5.1±0.1
<b>CTC</b>	-	31.2±3.5	43.4±2.6	42.8±3.2
<b>COT</b>	g/kg	26.5±6.2	25.9±4.4	27.1±7.2
<b>MO</b>	g/kg	45.7±5.8	44.6±3.7	46.7±3.6
<b>H+Al</b>	Meq/kg	14±3.0	12.8±2.6	18.8±2.8
<b>Ca+Mg</b>	Meq/kg	17.2±5.5	30.6±8.1	24±7
<b>Al</b>	Meq/kg	2.6±1.2	3.3±1.8	4.8±1.5
<b>Ca</b>	Meq/kg	12.4±2.0	22.1±4	14±3.1
<b>Mg</b>	Meq/kg	4.8±2.1	8.5±2.6	9.6±3.2
<b>P</b>	mg/kg	6.6±1.2	3.3±0.8	2.6±0.8
<b>K</b>	mg/kg	0.04±0.01	0.05±0.01	0.04±0.01
<b>Nt</b>	%	0.34±0.04	0.3±0.03	0.42±0.08
<b>V</b>	%	55±3.5	70.5±8	56±3.7

SB= Ca+Mg+K

V% = (SB/CTC)\*100

#### 4.2 INFLUÊNCIA DO PULSO DE INUNDAÇÃO NAS PROPRIEDADES DOS SOLOS.

A textura do solo sofreu variação de acordo com os períodos hidrológicos em todas as fitofisionomias (Tabela 2). A Us foi significativamente diferente em todos os períodos hidrológicos nos locais de estudo (Tabela 2). No solo do Pombeiral, a umidade do solo depois da inundação foi 41% maior do que antes da inundação e 26,6% maior do que na seca. No solo do Campo Inundável, a umidade do solo depois da inundação foi 29,6% maior do que antes da inundação e, 13,5% maior do que na seca. No solo do Cambará, a umidade do solo depois da inundação foi 43% maior do que antes da inundação e 25,7% maior do que na seca.

No solo das três fitofisionomias, o pH do solo sofreu interferência do regime hidrológico, diminuindo depois da inundação e aumentando na seca. Entretanto o solo do Cambará na seca foi encontrado o menor intervalo de pH.

O solo do Campo inundável sofreu maior interferência do regime de inundação, onde ocorreu perda de Ca+Mg e menor CTC.

O COT e a MO no solo do Cambará aumentou depois da inundação e diminuiu no período de seca, contudo estatisticamente não houve diferença no COT no solo nos diferentes períodos hidrológicos (Tabela 2). O COT e a MO no solo do Campo inundável diminuiu depois da inundação e aumentou no período de seca, contudo estatisticamente não houve diferença no COT e MO no solo nos diferentes períodos hidrológicos. O COT e a MO no solo do Pombeiral aumentou depois da inundação e no período de seca, contudo estatisticamente não houve diferença no COT e MO no solo depois da inundação e na seca, porém antes da inundação diferiu das outras estações.

Os valores encontrados de H+Al no solo do Cambará aumentou depois da inundação e diminuiu no período de seca, contudo estatisticamente não houve diferença no H+Al no solo nos diferentes períodos hidrológicos (Tabela 2). O H+Al no solo do Campo inundável diminuiu depois da inundação e aumentou no período de seca, contudo estatisticamente não houve diferença nos valores de H+Al no solo nos diferentes períodos hidrológicos. O H+Al no solo do Pombeiral diminuiu depois da inundação e no período de seca, contudo estatisticamente não houve diferença nos valores de H+Al no solo nos diferentes períodos hidrológicos.

Os valores encontrados de Al no solo do Cambará aumentou depois da inundação e no período de seca, contudo estatisticamente não houve diferença nos valores de Al no solo nos diferentes períodos hidrológicos (Tabela 2). Os valores de Al no solo do Campo inundável diminuiu depois da inundação e aumentou no período de seca, contudo estatisticamente não houve diferença nos valores de Al no solo nos diferentes períodos hidrológicos. O Al no solo do Pombeiral diminuiu depois da inundação e aumentou no período de seca, contudo estatisticamente Al no solo no período de seca não diferiu dos períodos hidrológicos.

Os valores encontrados de Al no solo do Pombeiral antes da inundação diferiu dos valores encontrados depois da inundação

Os valores encontrados de P no solo do Cambará aumentou depois da inundação e diminuiu no período de seca, contudo estatisticamente não houve diferença nos valores encontrados de P no solo nos diferentes períodos hidrológicos (Tabela 2). Os valores de P nos solos do Campo inundável e no Pombeiral aumentaram depois da inundação e no período de seca, porém estatisticamente os valores de P encontrados no solo depois da inundação não diferiu dos outros períodos hidrológicos.

Depois da inundação no solo do Cambará e no Campo inundável diminuiu o V% e aumentou no solo do Pombeiral (Tabela 2). No período de seca o V% diminuiu nos solos do Cambará e no Pombeiral e aumentou no Campo inundável. No solo do Campo inundável e no Pombeiral, os valores encontrados de V% não diferiram estatisticamente entre as estações.

**Tabela 2** - Intervalo de confiança e variação espacial por estação das propriedades químicas e físicas do solo em diferentes períodos hidrológicos no Norte do Pantanal Mato-Grossense

Variável		Cambará			Campo Inundável			Pombeiral		
		Antes da inundação	Depois da inundação	Seca	Antes da inundação	Depois da inundação	Seca	Antes da inundação	Depois da inundação	Seca
<b>Areia</b>	g/kg	317.3±46.5	373.3±38.5	204.3±53.5	127.3±23	230±31	173.3±23.	153±77	230±31	240.3±62
<b>Silte</b>	g/kg	320±23.5	178.6±16	337.6±23.5	223.3±8	171±8	227.6±15.5	227.6±54	166±1	190.6±9.5
<b>Argila</b>	g/kg	362.6±23	448±30	458±30	649.3±30.5	599±30	599±15	619.3±75.5	604±30	569±52.5
<b>Us</b>	%	5.9±0.16	25.1±4	13.6±0.8	11.1±2.2	29.5±2.7	21.2±2	7.8±0.5	29.5±8.1	15.5±1.6
<b>pH</b>	H <sub>2</sub> O	5.6±0.1	5.3±0.2	5.2±0.2	5.4±0.2	5±0.1	5.1±0.1	5.2±0.1	4.9±0.2	5.1±0.3
<b>CTC</b>		29.1±4	33.5±5.8	31.3±6.5	49±4.5	38.8±3.9	44±1.2	47.5±1.9	47.4±6	50.3±4.6
<b>COT</b>	g/kg	29.5±3	37.8±11.5	26.2±5.4	29.1±4.3	26.3±7.8	34.2±2.7	23.7±1.1	33.3±8	34.7±12.2
<b>MO</b>	g/kg	50.9±7.2	65.2±10	45.3±2.5	50±2.4	45.4±6.7	58.9±9.1	40.8±8.3	57.5±8.7	59.8±7.7
<b>H+Al</b>	Meq/kg	12.1±2.4	15.2±2.8	14.7±5.1	13.5±2.4	12.3±2.2	12.4±2.6	19.5±0.8	18.6±3.8	18.2±3.5
<b>Ca+Mg</b>	Meq/kg	16.9±2.9	18.3±1.9	16.6±0.4	35.4±6.7	26.5±2.9	31.6±3.5	28±1.6	28.8±1.3	32.1±3.8
<b>Al</b>	Meq/kg	0.7±0.6	1.1±0.9	2.7±2.1	2.0±1.4	1.4±0.6	1.5±0.9	4.5±0.7	2.5±0.6	3.0±1.4
<b>Ca</b>	Meq/kg	12.9±2.1	13.3±1.7	11±0.5	27.0±5	18.7±1.4	21.2±1.9	20.2±3.1	19.5±1.4	20.1±4.7
<b>Mg</b>	Meq/kg	4.0±0.9	4.9±0.2	5.6±0.3	8.3±1.6	7.8±1.4	10.4±1.4	7.8±0.7	9.3±0.5	11.9±1.7
<b>P</b>	mg/kg	7.4±3.5	7.6±0.5	6.9±1.8	1.9±0.3	3.1±2.3	3.5±1.2	2.6±0.9	1.3±0.3	2.2±1.7
<b>K</b>	mg/kg	0.04±0.01	0.04±0.01	0.04±0.01	0.05±0.02	0.03±0.01	0.06±0.01	0.05±0.02	0.04±0	0.05±0.02
<b>Nt</b>	%	0.3±0.05	0.36±0.05	0.26±0.05	0.3±0.1	0.3±0.01	0.3±0.05	0.3±0.1	0.3±0.05	0.4±0.2
<b>V</b>	%	58.2±1	54.8±2.5	53±3.5	72.2±1.6	67±4.15	70±2.2	58.9±1.1	60.7±2.6	63.6±6.75

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1 EFEITO DA VEGETAÇÃO NA DINÂMICA DE NUTRIENTES

A precipitação foi de aproximadamente 1884 mm, apontando um gradiente de precipitação anual no Pantanal. Os períodos de maior precipitação foram entre dezembro/2013 a março/2014 e o pico em janeiro/2014, Os períodos de menor precipitação foram entre junho/2014 à outubro/2014, marcando o período de seca. Na área de estudo, a inundação foi provavelmente provocada por chuvas locais devido à textura predominante de argila do solo e pouca variação da cota topográfica.

A Us foi diferente no solo das três fitofisionomias devido a diferença da textura entre os locais. Essa diferença encontrada pode impedir o escoamento de água, característico de solos argilosos. A argila, por ser rica em microporos, impede o escoamento da água, dificulta infiltração e retém a Us por mais tempo do que solos arenosos (ANTUNES et al., 2012). A Us do solo pode estar atrelada a modificação de pH do meio, pois o oxigênio é consumido pela respiração de microorganismos, deixando dessa forma  $H^+$  livres na solução, diminuindo assim o pH do meio (KIRK, 2004). ). Dessa forma a textura do solo também foi um dos fatores que corroborou com a modificação do pH no solo nas diferentes fitofisionomias, tendo em vista que a argila possui muitas cargas negativas, interferindo assim na retenção de  $H^+$ .

Solos com grandes quantidades de MO podem provocar mudanças nas características físicas, químicas e biológicas do solo, aumentando a aeração e a retenção de umidade. A MO melhora a estrutura do solo, reduz a plasticidade e a coesão, aumenta a capacidade de retenção de água e a aeração, permitindo maior penetração e distribuição das raízes (ALBUQUERQUE, 2003; SANTOS et al., 2015)

A grande presença de MO no solo do Cambará e no solo do Pombeiral, foi um elemento que influenciou o aumento do pH na solução. Isso acontece devido a MO raramente ser isoelétrica, ou seja, ela é capaz de reter grande quantidade de  $H^+$ . Devido a isso o solo ao apresentar baixa quantidade de MO pode influenciar o aumento da acidez, pois sua baixa quantidade representa também a baixa mineralização de elementos essenciais como Ca, Mg e K (MACHADO et al., 2015;

SANTOS et al., 2015). Dessa forma a MO solo é uma das principais fontes mineralizadoras de nutrientes, podendo assim ser considerada um indicador da fertilidade e acidez do solo (CORINGA et al., 2012; PONNAMPERUMA, 1977).

No solo do Pombeiral o baixo valor encontrado de pH pode estar favorecendo a acidez potencial, tendo em vista que um menor pH indica maior quantidade de  $H^+$  o qual se liga com  $Al^{+3}$  (KIRK, 2004; REDDY AND PATRICK, 1975). Existem outros fatores capazes de diminuir o pH em solos ácidos, tais como: (i) solos ácidos pobres em MO atingem pH inferior a 6,5; e (ii) baixa temperatura e a presença de nitratos retardam o aumento do pH (MACHADO et al 2015; PONNAMPERUMA, 1972).

A maior quantidade de MO no solo do Cambará e no Pombeiral favorecem o aumento da CTC, pois tornam o solo mais poroso, melhorando e aumentando a infiltração da água da chuva, e conseqüentemente, reduzindo a quantidade de elementos lixiviados (SANTOS et al, 2015; COSTA et al., 2010; ALBUQUERQUE, 2003). Solos que possuem elevados teores de argila possuem maior área superficial de sua matriz mineral, e dessa forma aumentam a estabilização da MO, (PONNAMPERUMA, 1977; ALBUQUERQUE, 2003; CORINGA et al., 2012). Entretanto no solo do Campo inundável a MO não favoreceu o aumento da CTC. Isso indica que mesmo um solo sendo argiloso ele pode ajudar a reter MO e ao mesmo tempo pode inibir o estabelecimento de MO, provavelmente devido o tipo de argila ser muito pegajosa e plástica (ALBUQUERQUE, 2003; LEITE & MENDONÇA, 2003).

A MO e o COT são diretamente proporcionais, ou seja se aumenta MO o COT irá aumentar também. Quando esses dois componentes aumentam favorecem o aumento de Nt, isso ocorre pois a MO do solo é a principal fonte natural deste nutriente. Entretanto esse elemento também pode diferir de acordo com o material orgânico que é depositado, podendo assim ser afetado por diferentes sedimentos e das condições do ambiente (CARDOSO 2010;2011). Os solos argilosos, característico do local de estudo, apresentam tendência em conservar ou até mesmo

aumentar os estoques de carbono, podendo colaborar na retenção de MO e aumento de COT (HICKMANN & DA COSTA, 2012).

O aumento da MO e do COT também agem diretamente proporcional com relação a retenção de nutrientes, favorecendo assim a fertilidade do solo, ajudando esses nutrientes a serem fixados e não serem levados por erosão ou lixiviação (MELLO et al., 2015; SANTOS et al., 2015; SHUMACHER et al., 2007) No solo Pombeiral ocorreu elevados valores de Ca+Mg, pois a MO ao reter nutrientes essenciais foi capaz de diminuir a fixação e o preenchimento das cargas negativas de elementos como Al (CAMARGO 2011; MEURER et al., 2006).

No solo do Cambará obteve-se elevados valores de P, obtendo grande correlação com Ca+Mg, isso ocorre devido a soma desses elementos funcionar como um transporte para a planta (DOS SANTOS et al., 2008; LIMA et al., 2005). Contudo elementos como Al ajudam a fixar o P no solo, tendo em vista os resultados obtidos no solo do Cambará, a maior quantidade de Al está provavelmente correlacionando aos maiores valores encontrados de P. Nos solos do Campo inundável e no Pombeiral, obteve-se menores valores de P devido o seu menor pH, ocorrendo assim grande absorção desse elemento na fase sólida (Raij, 1991).

O K nos diferentes tipos de vegetação sofreu pouca modificação, devido se ligar a matriz do solo por forças eletrovalentes, sendo considerado assim forte devido as suas ligações, facilitando sua fixação na estrutura (SANTOS et al., 2015; LIMA et al., 2005).

O solo no Campo inundável obteve maior saturação por bases (V%) sendo considerado muito fértil, contudo os solos do Cambará e do Campo inundável obteve-se V% inferior a 60%, sendo de moderada fertilidade. Elevado V% indica baixa saturação de Al, geralmente o solo que apresenta V% maior que 50% é considerado um solo fértil ou eutrófico. Isso ocorre porque a maioria das cargas presentes no solo estão retendo mais nutrientes essenciais as plantas, principalmente Ca, do que nutrientes tóxicos (SANTOS et al., 2013; CORINGA et al., 2012)

Dessa forma, a CTC apenas nos fornece a quantidade de cátions que aquele solo possa reter, no entanto não indica quais nutrientes estão preenchendo as partículas do solo, não indicando assim a fertilidade ou a baixa fertilidade no solo dos locais (EMBRAPA, 2010).

## **5.2 EFEITO DOS PERÍODOS HIDROLÓGICOS NA DINÂMICA DE NUTRIENTES**

Como o Pantanal é uma planície sazonalmente inundável, existe um ciclo de umedecimento e secagem da planície especificamente na área de estudo. Este ciclo corrobora com o aumento da Us depois da inundação e diminuindo no período de seca nas diferentes fitofisionomias. A diferença na Us entre as fitofisionomias pode estar atrelada também com a capacidade de retenção de água, característico de solos com textura argilosa (ANTUNES et al., 2012).

O solo do Campo inundável e do Pombeiral apresentam textura muito argilosa, e no solo do Cambará textura argilosa. O solo das diferentes fitofisionomias pode ter apresentado texturas diferentes nos períodos hidrológicos devido ao processo de sedimentação, onde a argila pouco se modifica devido ao seu estado de agregados. A fração de areia facilita a erosão nesses locais, pois são partículas sem coesão, que não oferecem resistência aos processos erosivos. Ou seja a constituição granulométrica permite afirmar que a predominância de areia deixam esses locais mais suscetíveis ao processo erosivo (SANTOS et al., 2013).

O período de inundação interferiu ligeiramente na diminuição do pH, onde ocorreu a provável lixiviação de nutrientes fazendo com que ocorra a substituição de Ca, Mg e K por H+Al (ROSOLEM et al., 2003; SANTOS et al., 2013). O aumento do pH no período de seca no solo do Campo inundável e no Pombeiral interferiu diretamente na disponibilidade de Ca+Mg no solo. Isso provavelmente ocorreu devido o elevado intervalo de pH comparado as outras estações, dessa forma as partículas coloidais do solo foram preenchidas por cátions como Ca e Mg (SANTOS et al., 2015; CARDOSO et al., 2011; LIMA et al., 2005).

No solo do Cambará e no solo do Pombeiral ocorreu aumento de MO, Ca+Mg, P e Nt depois da inundação. Esse aumento pode estar atrelado a deposição de sedimentos, e juntamente com eles diversos nutrientes advindos de outros locais. No solo do Pombeiral ocorreu menor valores de H+Al e menor CTC, indicando que esses elementos provavelmente foram lixiviados devido a menor presença de cargas nesses solos (CORINGA et al., 2012; PONNAMPERUMA, 1977; SPOSITO, 1989). Entretanto no solo do Cambará também ocorreu aumento de H+Al estando atrelado a maior CTC (ALBUQUERQUE, 2003; SANTOS et al 2013).

No solo do Campo inundável ocorreu perda de nutrientes e de MO. Nesse caso a inundação agiu como uma perturbação para o solo, pois levou sedimentos do local, e, juntamente com eles foram lixiviados alguns nutrientes (SANTOS et al., 2015; CARDOSO et al., 2010; LIMA et al., 2005).

A inundação agiu como perturbação na dinâmica de nutrientes do solo. No solo do Cambará e no Pombeiral ocorreu aumento de MO, COT e CTC, contudo, uma elevada CTC não representa aumento de fertilidade, mas sim o quanto de cátions é possível reter. Tendo em vista isso, mesmo com o aumento da MO, principal fonte de nutrientes, a inundação traz consigo sedimentos e nutrientes advindo de outros locais, podendo também leva-los (SANTOS et al, 2015; COSTA et al., 2010; ALBUQUERQUE, 2003). Solos inundados costumam favorecer o aumento de H+Al, isso ocorre devido esses elementos serem menores e de melhor fixação nas cargas dos solos (LIMA et al., 2005; BORÉM & RAMOS, 2002).

O Ca e o Mg sofreram interferência da inundação pois são constituintes móveis, podendo assim serem lixiviados e trazidos por sedimentos (SHUMACHER et al., 2004 2007; BORÉM & RAMOS 2002). No solo do Cambará, depois da inundação, ocorreu aumento de Ca e Mg, mas diminuiu no solo do Campo inundável e no Pombeiral. No solo do Cambará o provável aumento de Mg ocorre devido ele ser competitivo com o Ca, ou seja, o excesso de um desses elementos resulta na diminuição na absorção do outro (ALBUQUERQUE, 2003;

SANTOS et al., 2013).O solo no Pombeiral provavelmente obteve elevados valores de Ca e Mg devido a elevada MO e a melhor resposta ao regime hidrológico local (SANTOS et al, 2015; ALBUQUERQUE, 2003).

O período de seca também interferiu na quantidade de MO presente no solo, ocorrendo aumento da mesma no solos do Campo inundável e no Pombeiral. No solo do Campo inundável esse aumento de MO provavelmente ocorreu devido essa vegetação ser comumente roçada nesses períodos, pois é considerada tóxica ao gado. No solo do Pombeiral esse aumento da MO ocorreu devido a característica fenológica da vegetação, ao sofrer estresse hídrico e da seca, costuma perde suas folhas. Consequentemente os elevados valores de MO, geraram uma grande mineralização de nutrientes nesses locais, aumentando assim sua fertilidade (FANTIN-CRUZ et al., 2010; ARIEIRA E NUNES DA CUNHA, 2006; LIMA et al.,2005)

Os menores valores encontrados de MO no período de seca no solo do Cambará ocorreu devido ser a época de frutificação da espécie, ocorrendo redução de gastos energéticos na produção de folhas para que ocorra a produção de frutos (FANTIN-CRUZ et al., 2010; ARIEIRA E NUNES DA CUNHA, 2006). Dessa forma, a pouca presença de MO gera pouca mineralização de nutrientes, justificando os baixos valores encontrados no solo do Cambará nesse período (MACHADO et al., 2015; LIMA et al., 2005).

As somas das bases Ca+Mg e K aumentaram de acordo com a disponibilidade de MO no solo, consequentemente com o aumento desses elementos ocorreu a substituição de H+Al. O K nos diferentes solos e nas diferentes estações hidrológicas sofreu pouca modificação, devido se ligar a matriz do solo por forças eletrovalentes, sendo considerado assim forte devido as suas ligações, facilitando sua fixação na estrutura (SANTOS et al., 2015; LIMA et al., 2005).

Os solos do Cambará e do Campo inundável, após a inundaçã, obteve-se menores V% comparados com antes da inundaçã, indicando que o regime hidrológico afeta a fertilidade do solo. Solos com V% menor que 50%, são considerados solos de baixa fertilidade ou solos distróficos. Os solos ao apresentarem

V% baixo, costumam apresentar baixos valores de bases trocáveis principalmente Ca, e um alto teor de  $Al^{3+}$  trocável o que os caracterizariam como solos pobres. Os valores moderados de V%, principalmente no Cambará, indica que esse solo, se comparado aos outros, está preenchendo grande quantidade das cargas negativas dos coloides do solo com H e Al. (SANTOS et al., 2013; CORINGA et al., 2012; EMBRAPA, 2010)

No solo do Pombeiral o V% aumentou depois da inundação, isso ocorreu devido a provável deposição de sedimentos, dessa forma foram depositados nutrientes, como Ca e Mg, advindos de outros locais. No período de seca, nos solo do Campo inundável e no Pombeiral ocorreu aumento de V%, ou seja as partículas do solo estavam passando a reter um número menor de Al (EMBRAPA, 2010). O solo das três fitofisionomias, mesmo sendo afetados pelo regime hidrológico, obteve-se V% acima de 50%, isso indica que esse solo está retendo maior quantidade de somas das bases do que H e Al. A inundação foi um fator que influenciou na lixiviação de nutrientes como Ca, Mg e K (SANTOS et al., 2013; EMBRAPA, 2010).

### **5.3 COMPARAÇÃO DE ESTUDOS**

O estudo de Machado et al., (2015) foi conduzido em uma floresta inundada no Parque Baía das Pedras da Estância Ecológica SESC Pantanal, que está localizado 130 km de Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. A topografia é praticamente estável, causando grandes inundações durante a estação chuvosa. Os solos são de origem sedimentar, que ocorre em fases argilosos e arenosos, alternadamente e de forma descontínua com a predominância de solos hidromórficos.

Foram instalados cinco transectos de 50 metros de distancia cada um, dessa forma, foram estabelecidas as áreas de estudo para a amostragem em intervalos de 5 m. O nível de água foi medido por uma fita graduada em 55 pontos de amostragem, uma vez por mês durante o período de inundação em 2012. O solo foi coletado na camada superior de 10 cm usando um trado, o período de coleta foi em dezembro de 2011 (antes inundações) e julho de 2012 (após o alagamento).

No artigo de Machado et al., 2015 ocorreu variação nas propriedades químicas do solo e aumento da matéria orgânica, acidez potencial e P após a inundação. Contudo, ocorreu a diminuição da concentração de cálcio e de magnésio, redução do pH após a inundação. O estudo de Vourlitis et al., 2011 foi realizado no Parque Baía das Pedras da Estância Ecológica SESC Pantanal, que está localizado 130 km de Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. Foram determinados três locais de coletas de amostra de solo, possuindo uma distância de 3 km um do outro, sendo elas sazonalmente inundáveis com até 1 m de água na superfície.

O primeiro local de coleta do solo era um estande monodominante de *V. divergens* (Cambarazal), o segundo local era uma floresta-pastagem mista que está em processo de ser invadida por *V. Divergens*, sendo estande de transição. Amostragem de campo ocorreu de 12-15 de julho de 2009 e agosto 10-13 2010, que é durante a estação seca climatológica. Os pontos de amostragem em cada local de estudo foram selecionados de forma aleatória. Em 2009, obteve um total de nove parcelas no Cambarazal e nos estandes de transição cinco parcelas foram amostradas em campo, enquanto em 2010, cinco parcelas foram amostradas em cada local.

**Tabela 3** – Comparação das variações dos nutrientes no solo do Cambará após a inundação e na seca entre esta pesquisa, Machado et al. (2015), Vourlitis et al. (2011) e Lima et al. (2005). – não avaliado na pesquisa.

Variáveis	Esta pesquisa	Esta pesquisa	Machado et al. 2015	Vourlitis et al. 2011	Lima et al. 2005
	Depois da inundação	Seca	Depois da inundação	Depois da inundação	Depois da inundação
Areia	Aumentou	Diminuiu	Aumentou	-	-
Silte	Diminuiu	Aumentou	Diminuiu	-	-
Argila	Aumentou	Diminuiu	Diminuiu	-	-
Us	Aumentou	Diminuiu	-	-	-
pH	Diminuiu	Aumentou	Diminuiu	Diminuiu	-
MO	Aumentou	Aumentou	Aumentou	Diminuiu	-
COT	Aumentou	Aumentou	-	-	-
CTC	Aumentou	Diminuiu	Diminuiu	Diminuiu	-
Al	Aumentou	Aumentou	Aumentou	Diminuiu	-
H+Al	Aumentou	Diminuiu	Aumentou	-	Diminuiu
Ca	Aumentou	Aumentou	Diminuiu	Diminuiu	-
Mg	Aumentou	Aumentou	Diminuiu	Diminuiu	Diminuiu

Ca+Mg	Aumentou	Aumentou	Diminuíu	-	Diminuíu
P	Aumentou	Aumentou	Diminuíu	Diminuíu	-
K	Aumentou	Aumentou	Aumentou	Diminuíu	Aumentou
Nt	Aumentou	Aumentou	Diminuíu	-	Diminuíu

No estudo de Vourlitis et al. (2011), as propriedades químicas do solo variaram entre os locais. Ocorreu diminuição da concentração de potássio, cálcio, magnésio, CTC no solo e redução do pH. O estudo realizado por Vourlitis et al. (2011), foi coletado as amostras após um ano. Dessa forma não foi medido a influencia da inundação, depois da inundação e a seca, não sendo levado em conta os efeitos que essas diferentes condições proporcionaram.

Vourlitis et al., (2011) observaram variações nas propriedades químicas do solo em uma floresta com dominância de *Vochysia divergens* e floresta de transição. Contudo eles apontaram as variações entre as zonas eram devido aos tipos de vegetação. No entanto, eles reconheceram que pode haver interações significativas relacionadas com o espaço x tempo.

No estudo de Lima et al., (2005) foi realizado em solos da Amazônia submetidos a inundação, utilizaram-se amostras de onze diferentes solos, os quais foram classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Foram divididos em 4 grupos sendo eles constituídos: 1 - solos de várzea; 2 – Latossolos; 3 – solos antropogênicos; e 4 – Plintossolos e Alissolo. As amostras dos horizontes superficial e subsuperficial dos diferentes solos foram secas ao ar e peneiradas em malhas de 2 mm de abertura para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA) e foram analisadas de acordo com procedimento descrito em Embrapa (1997) para caracterização química de rotina. Em frasco de polietileno, foram colocados 300g de terra fina seca ao ar e, em seguida, adicionou-se, lentamente, água deionizada até completa saturação do solo.

As amostras foram mantidas submersas, sob uma lâmina de água durante seis meses. Os frascos foram mantidos fechados com tampas, que possuíam um orifício para a passagem de uma mangueira, permitindo trocas gasosas. Alíquotas de solução foram coletadas através do dreno, após 1, 15, 29, 43, 71, 99, 127, 155 e 183 dias de

inundação. Depois de cada coleta, o nível de água de cada amostra foi restabelecido com água deionizada.

No estudo de Lima et al., (2005) ocorreu a diminuição da concentração de potássio, cálcio e de magnésio, e o aumento de P. Eles relatam que durante o alagamento em solos da Amazônia submetidos à inundação alguns elementos na forma reduzida são muito móveis, e podem provocar o deslocamento de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^{+}$  dos sítios de troca do solo. Lima et al., (2005) também mostraram que em solos ácidos os fosfatos de ferro e alumínio são formas predominantes que liberam fósforo quando o pH do solo aumenta com as inundações. Os três estudos realizados não levaram em consideração o efeito da seca na dinâmica de nutrientes.

## **6. CONCLUSÕES**

A inundação agiu como perturbação na dinâmica de nutrientes no solo das diferentes fitofisionomias, devido provocar sedimentação, lixiviação e substituição de nutrientes.

A grande disponibilidade de  $\text{H}^{+}$  contribuiu para a diminuição do pH e aumento da acidez potencial depois da inundação.

A dinâmica de nutrientes foi diferente nas três fitofisionomias devido as diferentes necessidades da planta e as diferentes respostas ao estresse hídrico.

A vegetação e a inundação foram fatores que afetaram a dinâmica de nutrientes do solo, devido as diferentes quantidades de matéria orgânica levados ou trazidos pela inundação, ou pela deposição advinda dos estandes monodominantes.

## 7. RECOMENDAÇÕES

- i. Mais estudos sobre o efeito das condições anaeróbias é fundamental para compreender as implicações ambientais da inundação no Pantanal;
- ii. Mais estudos sobre a influência da ciclagem de nutrientes em diferentes fitofisionomias e estações, para mensurar o quanto de nutrientes estão sendo mineralizados nos solos do Pantanal.
- iii. Estudar a relação C/N das vegetações para verificar se a inundação de fato influencia significativamente na deposição de sedimentos, ou se a inibição da decomposição está atuando de forma mais significativa.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, J.A. 2003. **Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto.** Ciência Rural, Santa Maria, v.33, n.6, p.1161-1164.

ALLEM, A.C., VALLS, J.F.M. **Recursos forrageiros nativos do Pantanal Mato Grossense.** Brasília: EMBRAPA-CENARGEN, 1987. 339 il. (EMBRAPACENARGEN, Documentos, 8).

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

Antunes, P.M., Koch, A.M., Morton, J.B., Rillig, M.C. & Klironomos, J.N. 2012. **Evidence for functional divergence in arbuscular mycorrhizal fungi from contrasting climatic origins.** New Phytologist, 189, 507–514.

ARIEIRA, J. & NUNES DA CUNHA, C. 2006. **Fitossociologia de uma floresta inundável monodominante de *Vochysia divergens* Pohl (Vochysiaceae), no Pantanal Norte, MT, Brasil.** Acta Botanica Brasilica 20 (3): 569-580.

BIUDES, M. S.; CAMPELO JÚNIOR, NOGUEIRA, J. H.; SANCHES, J. S. L. 2009. **Estimativa do balanço de energia em cambarazal e pastagem no norte do pantanal pelo método da razão de bowen.** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 24, n. 2, p. 56-52.

BIUDES, M.S. et al. 2012. Mudança no microclima provocada pela conversão de uma floresta de cambará em pastagem no norte do Pantanal. **Revista de Ciências Agro-Ambientais** 10 (1): 61-68.

BORÉM, R. A. T.; RAMOS, D. P. 2002. **Variação estacional e topográfica de nutrientes na serapilheira de um fragmento de mata atlântica.** Revista Cerne, v.8, n.2, p.42-59.

BURESH, R.J., REDDY, K.R. & KESSEL, C.V. 2008. Nitrogen transformations in submerged soils. In 'Nitrogen in agricultural systems'. (Eds JS Schepers, WR Raun) **Agronomy Monograph** 49. pp. 401-436.

CADAVID GARCIA, E.A. 1984. **O clima no Pantanal Mato-grossense**. Corumbá: EMBRAPA-UEPAE de Corumbá. 39p. (EMBRAPA-UEPAE de Corumbá. Circular técnica, 14).

CAMARGO, O.A.; VALADARES, J.M.A.S. & DECHEN, A.R. 1982. **Efeitos do pH e da incubação na extração do manganês, zinco, cobre e ferro do solo**. R. Bras. Ci. Solo, 6:83-88.

CARDOSO, E.L.; SILVA, M.L.N.; SILVA, C.A.; CURI,N.; FREITAS, D.A.F. **Estoques de Carbono e Nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma Pantanal**. Pesq. agropec. bras. vol.45 no.9 Brasília Setembro. 2010

CARDOSO, E. L.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; MOZART, M.F. & DE FREITAS, D.A.F. **Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal Sul-Mato-Grossense**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 35, n. 02, p. 613-622, 2011

CONNELL, J.H. & LOWMAN, M.D. 1989. Low-density tropical rain forests: some possible mechanism for their existence. **The American Naturalist** 134: 88-119.

CORINGA, E. de A. O.; COUTO, E. G.; PEREZ, X. L. O.; TORRADO, P. V. 2012. **Atributos de solos hidromórficos no Pantanal Norte Matogrossense**. Acta Amazônica, v. 42, n. 1, p. 19-28.

COSTA, F. de S.; BAYER, C.; ZANATTA, J.A.; MIELNICZUK, J. 2008. **Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, p.323-332.

COSTA, O.V.; CANTARUTTI, R.B.; FONTES, L.E.F.; COSTA, L.M. da; NACIF, P.G.S.; FARIAS, J.C. 2010. Estoque de carbono do solo sob pastagem em área de

Tabuleiro Costeiro no sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1137-1145.

DOS SANTOS, D.R.; GATIBONIL, L.C.; KAMINSKIL, J. 2008. **Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto.** *Ciência Rural*, Santa Maria, v.38, n.2, p.576-586, mar-abr.

Efron, B. and Tibshirani, R.J. (1993). **An Introduction to the Bootstrap**, Chapman & Hall, New York.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA, 2001. **Mudança de uso do solo e estoques de carbono no Pantanal:** simulação utilizando o modelo Century. Corumbá MS.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA, 2009. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2ª edição revista e ampliada, Editor técnico: Fábio Cesar da Silva, 627 páginas.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA, 2010. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP

FANTIN-CRUZ, I.; GIRARD, P.; ZEILHOFER, P.; COLLISCHONN, W. & NUNES DA CUNHA, C. 2010. Unidades fitofisionômicas em mesoescala no Pantanal Norte e suas relações com a geomorfologia. **Biota Neotropica** 10 (2): 31-38.

FREY, R. 1995. **Ipomoea carnea ssp. Fistulosa (Matius ex Choisy) Austin: Taxonomy, Biology and Ecology Reviewed and Inquired.** *Tropical ecology*, v. 36, n. 10, p. 21- 48.

GRANDE, M.A.; CURI, N. & QUAGGIO, J.A. 1986. **Disponibilidade de fósforo pelos extratores de Mehlich e Resina em solos cultivados com arroz irrigado.** R.

Bras. Ci. Solo, 10:45-50.

GREENWAY, H.; ARMSTRONG, W. & COLMER, T.D. 2006. Conditions leading to high CO<sub>2</sub> (>5 kPa) in waterlogged flooded soils and possible effects on root growth and metabolism. **Annals of Botany** 98: 9-32.

HAMILTON, S.K. 2002. **Hydrological controls of ecological structure and function in the Pantanal wetland** (Brazil). The Ecohydrology of South American Rivers and Wetlands. IAHS Special Publication, n. 6.

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: 613-633.

HART, T.B. 1990. Monospecific dominance in tropical rain forests. **Trends in Ecology and Evolution** 5: 6-11.

HICKMANN C. & DA COSTA L. M. 2012. **Estoque de carbono no solo e agregados em Argissolo sob diferentes manejos de longa duração**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.16, n.10, p.1055–1061, Campina Grande, PB, UAEEA/UFCG

JUNK, W.J.; BAYLEY, P.B. & SPARKS, R.E. 1989. The flood pulse concept in river - floodplain systems. p. 110-127. In: D.P. Dodge (ed.). **Proceedings International Large River Symposium (LARS)**, Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, Ottawa, v. 106, p. 110-127, 1989.

JUNK, W.J. & DA SILVA, C.J. 1999. O Conceito de Pulso de Inundação e suas implicações para o Pantanal de Mato Grosso. 17-28 pp. In: **Anais do II Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Pantanal: Manejo e Conservação**. Corumbá - MS, Brasília, Embrapa - CPAP.

JUNK, W.J.; BROWN, M.; CAMPBELL, I.C.; FINLAYSON, M.; GOPAL, B.; RAMBERG, L. & WARNER, B.G. 2006. The comparative biodiversity of seven globally important wetlands: A synthesis. **Aquatic Sciences** 68 (3): 400-414.

KIRK, G. 2004. **The Biogeochemistry of Submerged Soils**. John Wiley & Sons, Chichester.

KOEHLER, C. W.; REISSMANN, C. B.; KOEHLER, H. S. 1987. **Deposição de resíduos orgânicos (serapilheira) e nutrientes em plantio de Araucaria angustifolia em função do sítio**. Revista do Setor de Ciências Agrárias, v.9, n.1, p.89-96.

LIMA, H.N., MELLO, J.W.V., SCHAEFFER, C.E.G.R. & KER, J.C. 2005. **Dinâmica da mobilização de elementos em solos da Amazônia submetidos à inundação**. Acta Amazonica 35: 317-330.

LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S. 2003. **Modelo century de dinâmica da matéria orgânica do solo: Equações e pressupostos**. Ciência Rural, v. 33, n. 4, p. 679-686.

Lugo, A. E. 1990. **Fringe wetlands**. In Forested wetlands, eds. A. E. Lugo, M. M. Brinson, and S. Brown, 143- 169. The Netherlands: Elsevier

MACHADO, N.G; SANCHES, L. ; SILVA, L. B.da ; NOVAIS, J.W.Z; AQUINO, A.M.; BIUDES, M.S.; PINTO-JUNIOR, O. B. ;NOGUEIRA, de J.S. 2015. **Soil nutrients and vegetation structure in a neotropical seasonal wetland**. Applied Ecology and Environmental Research (Print), v. 13, p. 289-305.

Marquete N, Valente M.C. 2010. Combretaceae. Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro.

MELLO, J.M.; COUTO, E.G.; AMORIM, R.S.S.; CHIG, L.A. JOHNSON, M.S.; LOBO, F.A. 2015. **Dinâmica dos atributos físico-Químicos e variação sazonal dos estoques de carbono no solo em diferentes fitofisionomias do Norte do Pantanal Mato-Grossense**. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.39, n.2, p.325-336.

MEURER, E.J. In: FERNANDES, M.S. 2006. **Nutrição mineral de plantas Viçosa, MG**. Universidade Federal de Viçosa . p.281-298.

NASCIMENTO, M.T. & NUNES DA CUNHA, C. 1989. Estrutura e composição

florística de um cambarazal no Pantanal de Poconé-MT. **Acta Botanica Brasilica** 3(1): 3-23.

NEIFF, J.J. 2001. Humedales de la Argentina: sinopsis, problemas y perspectivas futuras. In **El Agua en Iberoamerica, Funciones de los humedales, calidad de vida y agua segura** (A.F. Cirelli, ed.). CYTED, Argentina, p. 83-112.

NOGUEIRA, F.; COUTO, E.G.; BERNARDI, C.J. 2002. **Geostatistics as tool to improve sampling and statistical analysis in wetlands: a case study on dynamics of organic matter distribution in the Pantanal of Mato Grosso**, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v.62, n.4B, p.861-870.

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

NUNES DA CUNHA, C., JUNK, W.J. & LEITÃO-FILHO, H.F. 2007. Woody vegetation in the Pantanal of Mato Grosso, Brasil: a preliminary typology. **Amazoniana** 19 (3-4): 159-184.

OLIVEIRA, A.L.M.; URQUIAGA, S.; DÖBEREINER, J.; BALDANI, J.I. 2002. The effect of inoculating endophytic N<sub>2</sub> fixing bacteria on micropropagated sugarcane plants. **Plant and Soil**, v.242, p.205-215.

PEZESHKI, S.R. & DELAUNE, R.D. 2012. Soil Oxidation-Reduction in Wetlands and Its Impact on Plant Functioning. **Biology** 1: 196-221.

PEZESHKI, S.R. 2001. Wetland plant responses to soil flooding. **Environmental and Experimental Botany** 46: 299-312.

PONNAMPERUMA, F.N. 1972. The chemistry of submerged soil. **Advances in Agronomy** 24: 29-96.

PONNAMPERUMA, F.N. 1977. Comportamiento de elementos menores em suelos arroceros. In: IRRI. Los Banos.

- POTT, A. & POTT, V.J. **Plantas do Pantanal**. Corumbá, Embrapa - CPAP. 1994.
- PRANCE, G.T. & G.B. SCHALLER. 1982. Preliminar study of some vegetation types of the Pantanal, Mato Grosso, Brazil. **Brittonia** 34: 228-251.
- RAINER HAASE, 1999. **Seasonal growth of "algodão-bravo" (*Ipomoea carnea* spp. *fistulosa*)**. **Pesq. agropec. bras.** vol.34 no.2 Brasília Feb.
- RAIJ, B. van. 1991. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 343p
- READ, J., JAFFRÉ, T., FERRIS, J.M., MCCOY, S. & HOPE, G.S. 2006. Does soil determine the boundaries of monodominant rain forest with adjacent mixed rain forest and maquis on ultramafic soils in New Caledonia. **Journal of Biogeography** 33: 1055-1065.
- REDDY, K.R. & PATRICK JR., W.H. 1975. Effect of alternate aerobic and anaerobic conditions on redox potential, organic matter decomposition and nitrogen loss in a flooded soil. **Soil Biology and Biochemistry** 7 (2): 87-94.
- REDDY, K.R. & PATRICK, W.H. 1976. Effect of Frequent Changes in Aerobic and anerobic conditions on redox potential and nitrogen loss in a flooded soil. **Soil Biology & Biochemistry** 8: 491-495.
- ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. 2003. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.355-362.
- SANCHEZ, P. A. Properties and management of soils in the tropics. New York: John Wiley and Sons, 1976. 409p.
- SANTOS, F. A. S.; MARIANO, R. S. R.; PIERANGELI, M. A. P.; SOUZA, C. A.; BAMPI, A. C. 2013. **Atributos químicos e físicos de solos das margens do Rio Paraguai**. *Amibi-Agua*, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 239-249.
- SANTOS F. A. S.; PIERANGELI M. A. P.; SILVA F. L.; SERAFIM M. E.; DE

SOUZA C. A. 2015. **Atributos químicos, físicos e estoque de cálcio, magnésio, potássio e fósforo em solos de campos de murundus.** VOL. 45(2): 101 – 110

SERVIÇO SOCIAL DO COMÉRCIO (SESC). **O clima na Reserva Particular de Patrimônio Natural SESC Pantanal.** Rio de Janeiro: SESC, Departamento Nacional, 84p.

SILVA, M.P.; MAURO, R.; MOURÃO, G. & COUTINHO, M. 2000. Distribuição e quantificação de classes de vegetação do Pantanal através de levantamento aéreo. **Revista Brasileira de Botânica** 23 (2): 143-152.

SILVA, J. S. V. e Abdon, M. M. 1998. **Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões.** Pesq. agropec. bras, Brasília, v.33, Numero Especial. P.1703-1711.

SPOSITO, G. The chemistry of soils. New York, Oxford University Press, 1989. 277p.

SCHUMACHER, M.V.; VIEIRA, M. 2007. Concentração e retranslocação de nutrientes em acículas de Pinus tarda L. Santa Maria, Ciência Florestal, out-dez, v. 19, n. 4, p. 375-382. 29p.

SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E J.; HERNANDES, J.I.; KÖING, F.G. 2004. **Produção de serapilheira em uma floresta de Araucaria angustifolia (bertol.) kuntze no município de Pinhal Grande-RS.** Revista Árvore, v.28, n.1, p.29-37.

TOKUOKA, Y., OHIGASHI, K. & NAKAGOSHI, N. 2011. Limitations on tree seedling establishment across ecotones between abandoned fields and adjacent broad-leaved forests in eastern Japan. **Plant Ecology** 212(6): 923-944.

VAN DER VALK, A.G. 1981. Succession in wetlands: a Gleasonian approach. **Ecology** 62(3): 689-696.

VOURLITIS, G.L.; LOBO, F.A.; BIUDES, M.S.; ORTÍZ, C.E.R.; NOGUEIRA, J.S. 2011. Spatial variations in soil chemistry and organic matter content across a *Vochysia divergens* invasion front in the Brazilian Pantanal. **Soil Science Society of American Journal** 75: 1554-1560.

## **8. ANEXO**

**Anexo 1:** Correlação de Spearman no solo do Camabrá para as propriedades químicas e físicas do solo no Pantanal Mato-Grossense.

**Anexo 2:** Correlação de Spearman no solo do Campo inundável para as propriedades químicas e físicas do solo no Pantanal Mato-Grossense.

**Anexo 3:** Correlação de Spearman no solo do Pombeiral para as propriedades químicas e físicas do solo no Pantanal Mato-Grossense.

**Anexo 4:** Figura dos locais de estudo no período de seca no Norte Pantanal Mato-Grossense.

**Anexo 1:** Correlação de Spearman no solo do Camabrá para as propriedades químicas e físicas do solo no Pantanal Mato-Grossense.

	Us	pH	P	K	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H+Al	MO	Areia	Silte	Argila	CTC	Nt
<b>Us</b>															
<b>pH</b>	-0.39														
<b>P</b>	0.07	0.12													
<b>K</b>	0.21	-0.05	0.72*												
<b>Ca+Mg</b>	0.37	0.1	0.75***	0.52											
<b>Ca</b>	0.2	0.54	0.58	0.41	0.73*										
<b>Mg</b>	0.22	-0.67*	0.22	0	0.32	-0.37									
<b>Al</b>	0.28	-0.88***	-0.18	-0.1	-0.15	-0.6	0.63								
<b>H+Al</b>	0.6	-0.18	0.4	0.52	0.57	0.45	0	0.28	0.77**						
<b>MO</b>	0.48	-0.11	0.73*	0.72*	0.77**	0.57	0.15	0.17	0.63	0.9***					
<b>Areia</b>	0.35	0.61	-0.04	0.1	0.18	0.67*	-0.71*	-0.7*	0.25	0.18					
<b>Silte</b>	-0.53	-0.46	-0.05	-0.1	-0.35	-0.67*	0.42	0.6	-0.2	-0.17	-0.93				
<b>Argila</b>	0.67*	-0.81**	0.32	0.32	0.4	-0.14	0.77**	0.72*	0.43	0.48	-0.4	0.14			
<b>CTC</b>	0.5	-0.13	-0.65*	0.62	0.788**	0.55	0.18	0.22	0.6	0.93***	0.98	-0.13	0.54		
<b>Nt</b>	0.15	0.64	0.6	0.58	0.58	0.82**	-0.45	-0.76**	0.32	0.34	0.47	-0.63	-0.25	0.41	
<b>COT</b>	0.18	0.37	0.43	-0.72*	0.35	0.47	-0.42	-0.45	0.62	0.5	0.52	-0.33	-0.13	0.47	0.82**

(\*) P&lt;0,05 significativo

(\*\*) P&lt;0,01 muito significativo

(\*\*\*)P&lt;0,001 altamente significativo

**Anexo 2:** Correlação de Spearman no solo do Campo inundável para as propriedades químicas e físicas do solo no Pantanal Mato-Grossense.

	Us	pH	P	K	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H+Al	MO	Areia	Silte	Argila	CTC	Nt
<b>Us</b>															
<b>Ph</b>	-0.71*														
<b>P</b>	0.43	-0.14													
<b>K</b>	-0.2	0.28	0.46												
<b>Ca+Mg</b>	-0.58	0.75*	0	0.58											
<b>Ca</b>	-0.6	0.72*	-0.1	0.5	0.95										
<b>Mg</b>	0.06	0.2	0.45	0.61	0.64	0.51									
<b>Al</b>	-0.4	-0.2	-0.35	-0.46	-0.37	-0.28	-0.61								
<b>H+Al</b>	0.01	-0.55	-0.51	-0.7*	-0.58	-0.55	-0.61	0.77**							
<b>MO</b>	0.38	-0.67*	0.43	0.25	-0.58	-0.57	-0.19	0.25	0.16						
<b>Areia</b>	-0.9***	-0.76**	0.29	-0.36	-0.82**	-0.77**	-0.24	-0.15	0.16	0.5					
<b>Silte</b>	-0.75	0.41	-0.43	0.49	0.44	0.38	0.08	0.16	-0.03	-0.05	-0.7*				
<b>Argila</b>	-0.65	0.78**	-0.28	0.07	0.83**	0.76**	0.33	-0.11	-0.21	-0.87**	-0.83**	0.32			
<b>CTC</b>	-0.58	0.34	-0.47	0.26	0.67	0.65*	0.23	0.13	0.11	-0.37	-0.79	0.59	0.64		
<b>Nt</b>	-0.3	0.21	-0.22	0.36	0.01	0.08	-0.13	-0.14	-0.31	0.16	-0.04	0.55	-0.22	-0.18	
<b>COT</b>	-0.13	0.13	0.3	0.39	0.07	0	0.35	-0.22	-0.41	0.15	0.04	0.28	-0.14	-0.43	0.65*

(\*) P<0,05 significativo

(\*\*) P<0,01 muito significativo

(\*\*\*)P<0,001 altamente significativo

**Anexo 3:** Correlação de Spearman no solo do Pombeiral para as propriedades químicas e físicas do solo no Pantanal Mato-Grossense.

	Us	pH	P	K	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H+Al	MO	Areia	Silte	Argila	CTC	Nt
<b>Us</b>															
<b>Ph</b>	-0.52														
<b>P</b>	-0.6	0.51													
<b>K</b>	0	0.24	0.58												
<b>Ca+Mg</b>	0.18	-0.01	-0.38	0.13											
<b>Ca</b>	-0.12	0.37	-0.08	0.13	0.65*										
<b>Mg</b>	0.43	-0.32	-0.38	-0.19	0.45	-0.25									
<b>Al</b>	-0.52	-0.22	0.18	-0.39	-0.28	-0.37	-0.1								
<b>H+Al</b>	-0.25	0.66*	0.34	0.03	-0.32	0.38	-0.69*	-0.18							
<b>MO</b>	-0.2	0.63	0.2	0.29	0.27	0.62	-0.28	-0.56	0.63						
<b>Areia</b>	0.38	0.21	0	0.36	0.19	-0.01	0.46	-0.68*	-0.25	0.02					
<b>Silte</b>	-0.66*	0.45	0.35	-0.42	-0.3	-0.23	-0.03	0.67*	0.26	-0.08	-0.36				
<b>Argila</b>	-0.15	-0.41	-0.17	-0.16	0.02	0.05	-0.34	0.39	0.05	0.11	-0.88***	-0.03			
<b>CTC</b>	-0.12	0.62	0.15	0.26	0.43	0.87**	-0.3	-0.52	0.67*	0.88***	0.04	-0.11	-0.02		
<b>Nt</b>	0	0.5	-0.05	-0.38	-0.02	0.38	0.04	-0.4	0.53	0.45	0.29	0.21	-0.46	0.54	
<b>COT</b>	0.28	0.14	-0.3	-0.06	0.03	0.37	-0.08	-0.78**	0.22	0.41	0.5	-0.51	-0.34	0.38	0.62

(\*) P&lt;0,05 significativo

(\*\*) P&lt;0,01 muito significativo

(\*\*\*)P&lt;0,001 altamente significativo

**Anexo 4:** Figura dos locais de estudo no período de seca no Norte do Pantanal Mato-Grossense.



Cambará (*Vochysia divergens* Pohl)



Campo Inundável (*Ipomoea carnea* spp. *Fistulosa*)



Pombeiral (*Combretum lanceolatum* Pohl (Combretaceae))

