

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL

MARCELO BARROS DA ROCHA

PERDA DE SOLO POR EROÇÃO HÍDRICA EM SOLOS DA MICROBACIA
HIDROGRÁFICA DO Córrego BURITIZAL DO ESTADO DO TOCANTINS

PALMAS
2019

MARCELO BARROS DA ROCHA

**PERDA DE SOLO POR EROSÃO HÍDRICA EM SOLOS DA MICROBACIA
HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO BURITIZAL DO ESTADO DO TOCANTINS**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel no Curso
Superior de Engenheiro Civil do Instituto
Federal do Tocantins, Campus Palmas.

Orientadora: Prof.^a Dra. Cláudia da Silva
Aguiar Rezende

PALMAS

2019

FOLHA DE APROVAÇÃO

MARCELO BARROS DA ROCHA

PERDA DE SOLO POR EROSÃO HÍDRICA EM SOLOS DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO BURITIZAL DO ESTADO DO TOCANTINS

Trabalho de conclusão de curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel no Curso
Superior de Engenheiro Civil do Instituto
Federal do Tocantins, Campus Palmas.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA AVALIADORA

Prof^a. Dra. Cláudia da Silva Aguiar Rezende
(Orientadora)

Prof. Me. Clerson Dalvani Reis

Prof. Dr. Junior Cesar Avanzi

Rocha, Marcelo Barros

Perda de solo por erosão hídrica em solos da microbacia hidrográfica do Córrego Buritizal do Estado do Tocantins / Marcelo Barros da Rocha. Palmas, 2019. 58f

Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – *Campus* Palmas, 2019.

Orientadora: Profª Dra. Cláudia da Silva Aguiar Rezende.

1. Erosão Hídrica. 2. Perda de Solo. 3. Perda de Água. 4. Parcelas Experimentais.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus por me proporcionar saúde, perseverança e fé em todos os anos deste trabalho.

Aos meus pais pelo auxílio inquestionável em todos os anos de graduação. Agradeço à paciência e por sempre acreditar que o investimento na minha educação me proporcionaria um futuro melhor como profissional e ser humano.

À minha orientadora, Prof^a. Dra. Cláudia da Silva Aguiar Rezende, por todos os ensinamentos desde a época das coletas em campo e se estendendo à monografia a respeito do projeto de pesquisa de sua responsabilidade.

Ao Prof. Dr. Junior Cesar Avanzi pela colaboração na instalação das parcelas de coleta e pelo suporte técnico e científico a respeito do tema da pesquisa.

À Marina Ribeiro Pereira pela paciência aos dias de estresse e ansiedade e pela contribuição de tradução do *abstract* do trabalho.

RESUMO

A erosão hídrica é um dos fatores principais que atuam no processo de degradação do solo. Os impactos vão desde redução da fertilidade dos solos, contaminação e assoreamento de reservatórios e cursos d'água, deslizamentos de encostas até diminuição dos recursos naturais existentes. Assim objetivou-se estimar as perdas de solo, água e a influência da cobertura vegetal aplicando método de parcelas experimentais de perda de solo na microbacia do Córrego Buritizal.

Considerando os diferentes tipos de solo e vegetação, as parcelas com cobertura vegetal tiveram em média perda de solo e água, respectivamente, de 0,29 ton/ha ano e 28,81mm/ano, enquanto nas parcelas de solo exposto a média de perda de solo foi de 13,47 ton/ha ano e 385,16mm/ano média de perda de água. Parcelas sem cobertura vegetal perderam em média 98% a mais de solo que parcelas com vegetação. A perda de água foi 93% maior em parcelas sem cobertura.

Palavras-chave: erosão hídrica; perda de solo; perda de água; parcelas experimentais.

ABSTRACT

Water erosion is one of the main factors that act in the process of soil degradation. Impacts range from reduced soils fertility, contamination and silting of reservoirs and watercourses, sliding of slopes to a decrease in existing natural resources. The aim of this study was to estimate the soil and water losses and the influence of the vegetation cover, applying an method of experimental plots of soil loss in the Córrego Buritizal micro-basin.

Considering the different types of soil and vegetation, the vegetation cover had an average loss of soil and water, respectively, from 0.29 ton / ha year and 28.81mm / year, while in the soil plots exposed the average loss of soil was 13.47 ton / ha year and 385.16mm / year average water loss. Plots without vegetation cover lost an average of 98% more soil than plots with vegetation. The loss of water was 93% higher in uncovered plots.

Keywords: water erosion; soil loss; loss of water; experimental plots.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Voçoroca formada no Parque Cesamar, Palmas – TO.....	2
Figura 2 – Localização geográfica da bacia do rio Taquaruçu e da área de estudo.	12
Figura 3 - Dimensões da parcela de coleta de perda de solo e água.....	15
Figura 4 – Esquema de instalação da parcela de coleta de perda de solo e água.	16
Figura 5 – Parcela unitária de coleta de perda de solo em campo.....	18
Figura 6 – Área de coleta de perda de solo em campo	18
Figura 7 – Coleta de perda de solo em campo.....	19
Figura 8 – Procedimento de pesagem de vidro em laboratório.	21
Figura 9 – Série de chuvas mensais do período de coletas em campo.....	26
Figura 10 – Perda de solo mensal por erosão hídrica em parcela PCR.	27
Figura 11 – Perda de solo mensal por erosão hídrica em parcela PSE.	28
Figura 12 – Perda de solo anual das parcelas PSE e PCR.....	28
Figura 13 – Perda de água mensal por erosão hídrica em parcela PCR.....	29
Figura 14 – Perda de água por erosão hídrica em parcela PSE.....	29
Figura 15 – Perda de água anual das parcelas PSE e PCR.....	30
Figura 16 – Perda de solo mensal por erosão hídrica em parcela LCT.....	31
Figura 17 – Perda de solo mensal por erosão hídrica em parcela LSE.....	31
Figura 18 – Perda de solo anual das parcelas LSE e LCT.....	32
Figura 19 – Perda de água mensal por erosão hídrica em parcela LCT.	32
Figura 20 – Perda de água mensal por erosão hídrica em parcela LSE.	33
Figura 21 – Perda de água anual das parcelas LSE e LCT.....	33
Figura 22 - Perda de solo anual das parcelas PCR e LCT.....	34
Figura 23 - Perda de água anual das parcelas PCR e LCT.....	34
Figura 24 - Perda de solo anual das parcelas PSE e LSE.	35
Figura 25 - Perda de água anual das parcelas PSE e LSE.	35
Figura 26 – Perda de solo mensal por erosão hídrica em parcela LF.	36
Figura 27 - Perda de água por erosão hídrica em parcela LF.	36
Figura 28 - Perda de solo anual das parcelas LF e PCR.....	37
Figura 29 - Perda de solo anual das parcelas LF e LCT.	37
Figura 30 - Perda de água anual das parcelas LF e PCR.....	38

Figura 31 - Perda de água anual das parcelas LF e LCT.	38
Figura 32 – Perdas de solo mensais e dados pluviométricos.	39
Figura 33 – Média de perda de solo em parcelas com cobertura vegetal.	40
Figura 34 – Média de perda de solo em parcelas sem cobertura vegetal.	40
Figura 35 - Perdas de água mensais e dados pluviométricos.	41
Figura 36 - Média de perda de água em parcelas com cobertura vegetal.	42
Figura 37 - Média de perda de água em parcelas sem cobertura vegetal.	42

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 PROBLEMA DE PESQUISA.....	2
3 JUSTIFICATIVA.....	3
4 OBJETIVOS.....	4
4.1 Objetivo Geral	4
4.2 Objetivos Específicos	4
5 REVISÃO DE LITERATURA.....	5
5.1 Bacia Hidrográfica como Unidade de Estudo.....	5
5.2 Erosão: Conceitos, Características e Consequências.....	6
5.3 Fatores Condicionantes no Processo Erosivo.....	8
5.4 Experimentos de Campo para Determinação de Perda de Solo e Água.....	10
6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	12
6.1 Análise Experimental de Perda de Solo e Água.....	12
6.1.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo.....	12
6.1.2 Instalação de Áreas de Coleta	14
6.1.3 Procedimentos de Coleta	18
6.1.4 Análise de Amostras em Laboratório	20
6.1.5 Procedimento de Cálculo	21
6.1.5.1 Perda de Solo.....	21
6.1.5.2 Perda de Água	23
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	25
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
9 REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

É cada vez mais recorrente as discussões a respeito do futuro do planeta e do meio ambiente. Isso se deve à preocupação com a preservação dos recursos geológicos, pedológicos, hídricos, atmosféricos e biológicos do nosso meio.

Entendendo que os recursos provenientes da natureza são o patrimônio básico de uma nação, não se pode compreender que o desenvolvimento e o progresso social e cultural de sua população sejam obtidos à custa de sua devastação ou sua má utilização.

Bertoni e Lombardi Neto (1995) afirmam que no Brasil, o uso do solo de forma inadequada acelera e facilita a erosão hídrica que é, certamente, um dos fatores que mais tem contribuído para a improdutividade dos solos. Neste contexto, os autores citados anteriormente definem erosão como um processo físico, dos agentes do intemperismo, vento e água, de desprender e deslocar os materiais do solo.

Por meio do deslocamento das partículas de solo, há o arraste de nutrientes, matéria orgânica, água, sementes, etc., provocando uma diminuição na capacidade produtiva das culturas, reduzindo o volume de armazenamento dos reservatórios de água, em virtude da sedimentação, causando assoreamento de córregos, instabilidade de taludes, deslizamento de encostas, etc. (DOMINGOS, 2006).

De acordo com Marques, apud. Bertoni e Lombardi Neto (1995), o Brasil tem perdido por meio da erosão hídrica laminar, em torno de quinhentos milhões de toneladas de terra anualmente.

A fim de minimizar estes efeitos, Domingos (2006) afirma que as coberturas vegetais são as proteções naturais e ideais para proteger o solo da erosão hídrica, no entanto em áreas agricultáveis, nos acostamentos de rodovias, em taludes mal dimensionados, por diversos motivos, essa proteção não tem acontecido como deveria e cabe então ao planejador conservacionista atuar orientando a respeito do método menos prejudicial a ser utilizado nessas atividades. A remoção da vegetação nativa de uma determinada área interfere diretamente no equilíbrio natural existente entre solo e meio ambiente.

Diante deste panorama, para Domingos (2006), conhecer o comportamento do solo quanto aos processos erosivos em seu ambiente natural e quando há influência antrópica em seu meio, desenvolver plano de recuperação de áreas e preservar o que existe de vegetação nativa, torna-se cada dia mais urgente.

2 PROBLEMA DE PESQUISA

A erosão é um sério problema ambiental que traz prejuízo à sociedade. Em decorrência do seu elevado poder de destruição sendo capaz de causar danos a diversas áreas das relações humanas, como a diminuição da fertilidade dos solos, contaminação e assoreamento de reservatórios e cursos d'água, deslizamentos de encostas, entre outros (SANT'ANA, 2012). A origem dos processos erosivos tem várias vertentes e influencia no cotidiano de muitas formas. Trata-se de um assunto de importância global e envolve profissionais de diversas áreas de conhecimento.

No que diz respeito ao uso e ocupação das terras do Norte do Estado do Tocantins as áreas que apresentam 2,0 ton/ha ano de perdas de solo são as mais representativas, o equivalente a 86,6% da região, com ocorrência de solos Argilosos, Neossolos Quartzênicos, Latossolos e Plintossolos. Este estudo não deve ser considerado como indicador de restrição à ocupação de uma área, mas como fator auxiliar na definição de usos e ocupações mais adequadas (SEPLAN, 2006).

Na área de estudo deste trabalho não há estudos sobre como se desenvolve o processo erosivo, seja por método indireto, ou pelo procedimento experimental.

A título de exemplo de como um processo erosivo pode se agravar, verifica-se na cidade de Palmas a ocorrência de uma voçoroca formada no Parque Cesamar (Figura 1).

Figura 1 – Voçoroca formada no Parque Cesamar, Palmas – TO.



Fonte: Reprodução/TV Anhanguera

3 JUSTIFICATIVA

A microbacia do Córrego Buritizal está situada na zona rural de Taquaruçu, que é um distrito do Município de Palmas, capital do Estado do Tocantins. Segundo Milagres et al. (2010) Taquaruçu possui um conjunto paisagístico diverso, mesclando elementos do Cerrado, da Caatinga e da Floresta Amazônica. Essa característica favorece seus atrativos turísticos naturais com boas vantagens comparativas em relação aos demais atrativos do Estado e do Brasil, ou seja, no mercado regional, nacional e até internacional.

De acordo com Dourado et al. (2006) a Prefeitura Municipal de Palmas, através da Agência do Meio Ambiente e Turismo - AMATUR, em 2000, realizou diagnóstico turístico do local e inventariou 82 atrativos turísticos. Este estudo foi realizado, especialmente, devido à degradação ambiental demandada pelo turismo predatório.

Tendo em vista a degradação ambiental da região, o presente estudo tem como objetivo estimar a erosão da microbacia do Córrego Buritizal por método experimental (direto).

Os métodos diretos são todos aqueles que se fundamentam na coleta, na medição e na análise do material erodido, com auxílio de instalações coletoras e medidoras especiais. Geralmente, para o estudo da erosão como causa de empobrecimento do solo, os métodos diretos são mais indicados, pois permitem eliminar os efeitos dos demais fatores de depauperamento da fertilidade (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1993).

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral

Determinar a perda de solo e água da microbacia hidrográfica do Córrego Buritizal por procedimento experimental em campo.

4.2 Objetivos Específicos

- Conhecer processos erosivos e como eles atuam na unidade de estudo deste trabalho;
- Determinar a perda de solo e água, por erosão hídrica, na microbacia hidrográfica do Córrego Buritizal, em parcela padrão de erosão;

5 REVISÃO DE LITERATURA

5.1 Bacia Hidrográfica como Unidade de Estudo

Bacia hidrográfica ou bacia de drenagem, como destacado por Coelho Neto (1994) consiste em uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial. O limite de uma bacia hidrográfica é conhecido como divisor de drenagem ou divisor de águas. As bacias podem possuir diversos tamanhos, que variam desde a bacia do Amazonas, com milhões de km², até bacias com poucos metros quadrados. Essas bacias articulam-se a partir de divisores de drenagens principais e drenam em direção a um canal, tronco ou coletor principal, constituindo um sistema de drenagem hierarquicamente organizado.

A Lei das Águas (1997) define bacia hidrográfica como uma unidade territorial para implementação de gestão de recursos hídricos.

As bacias hidrográficas podem ser divididas em um número qualquer de bacias, o que depende do ponto de saída considerado ao longo de seu eixo-tronco ou canal coletor (COELHO NETO, 1994).

Em função de suas características naturais, Silva et al. (2003) afirmam que bacias hidrográficas tem se tornado importante unidade espacial, assim sendo utilizada para gerenciar atividades de uso e de conservação de recursos naturais, essencialmente nas circunstâncias atuais de enorme pressão sobre o ambiente em função do crescimento populacional e do desenvolvimento.

Em termos de unidade de estudo e operação, Pereira e Molinari (1995), consideram a microbacia hidrográfica uma unidade espacial mais apropriada de planejamento, pois permite controle mais objetivo dos recursos humanos e financeiros, e, favorece, ainda, a integração das práticas de uso e manejo do solo e da água e a organização comunitária. Ainda segundo estes estudiosos o trabalho em microbacias concilia atividades produtivas e a preservação ambiental, o que permite o desenvolvimento sustentável.

O trabalho em microbacias hidrográficas é uma maneira eficaz de propiciar tecnologia regionalizada, expandir as práticas de uso do solo, conservar recursos naturais e colaborar para o desenvolvimento municipal e regional (CASTRO FILHO, 1994).

Observa-se, cada vez mais, a especialização dos estudos segundo a tipologia dos processos erosivos e locais de ocorrência, o que indica a proposta de métodos diagnósticos específicos. Nas áreas urbanas, principalmente em zonas de crescimento, a tendência é realizar estudos de caso, a fim do entendimento de seus condicionantes, com o objetivo de conter erosões, reabilitar áreas afetadas e definir vetores críticos ou favoráveis à expansão urbana (STEIN, 1995).

5.2 Erosão: Conceitos, Características e Consequências

De acordo com Zachar (1982) o termo erosão teve origem, do latim, do verbo erodere (escavar). No que se refere às ciências ambientais erosão é definida como o desgaste e/ou arrastamento da superfície da terra pela ação da água, vento, gelo ou outros agentes geológicos, incluindo processos como o arraste gravitacional (ACIESP, 1987). Particularizando, a erosão onde o agente é a água, este processo é conhecido como erosão hídrica (BASTOS, 1999).

O tema erosão foi abordado primeiramente, suas causas e consequências, pela comunidade internacional na Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente realizado em Estocolmo em 1972. Desde então, a erosão, juntamente com a erodibilidade, vem sendo estudada em diversas áreas de conhecimento, como Agronomia, Geologia, Geografia e Engenharia Civil (Hidráulica e Geotecnia) (BASSO, 2013).

Ainda segundo Basso (2013) os processos erosivos são classificados por diferentes critérios dentre eles a natureza, agentes e grau de intensidade. Quanto ao quesito temporal ou remetente à natureza utiliza-se dois grandes grupos para classificá-los: a) erosão natural ou geológica e b) erosão acelerada ou antrópica.

A erosão constitui um processo natural, é considerada um agente geológico que provoca a modificação das paisagens terrestres e, como tal, é lento e medido pelo tempo geológico. A interferência antrópica altera este processo natural, em geral, acelerando sua ação e aumentando sua intensidade. Quando a ação humana é caracterizada como deflagradora e/ou intensificadora dos processos de erosão hídrica é adotado o termo erosão hídrica acelerada (BASTOS, 1999).

Quanto ao agente erosivo, segundo Camapum de Carvalho et al. (2006), classificam a erosão em quatro grandes grupos: eólica, causada pelo vento; glacial, causada pelo gelo; organogênica, causada pelos seres vivos; e hídrica, causada pela

água. Nos estudos geotécnicos, assim como neste trabalho, a erosão hídrica é a mais enfatizada pelos seus grandes danos, tanto em zonas rurais quanto em zonas urbanas.

De acordo com Bastos (1999) a chuva é o agente da erosão hídrica e age neste sentido em duas frentes: pela ação da gota e o escoamento superficial. Ambos atuam na desagregação e transporte das partículas. Ao chocar-se contra a superfície do solo a gota de chuva arranca partículas e as movimenta a curta distância. É conhecido como erosão por impacto de gota. O escoamento superficial é caracterizado quando a capacidade de infiltração do solo é superada pela intensidade da chuva.

A respeito do grau de intensidade, Bertoni e Lombardi Neto (1985) classificam a erosão hídrica em: laminar, sulcos ou ravinas e voçorocas ou boçorocas.

Autores como Bastos (1999) e Camapum de Carvalho (2006) afirmam que o escoamento superficial forma um fluxo difuso na superfície causando uma remoção progressiva e uniforme (lâmina) que escoar em direção às cotas mais baixas do terreno tendendo a se concentrar e gerar linhas de fluxo (filetes) podendo ou não propiciar o aparecimento de sulcos.

Segundo Amorim et al. (2001), a ação do impacto das gotas ou do escoamento superficial no destaque e transporte de sedimentos, depende se a erosão ocorre em sulcos ou entressulcos. No caso da erosão em sulcos há domínio de ação erosiva decorrente do escoamento, o impacto das gotas é praticamente desprezível. Na erosão entressulcos, as vezes referida como erosão laminar, os mecanismos de ação das gotas na superfície do solo e o escoamento superficial são, em conjunto, responsáveis pelo desprendimento e movimentação de sedimentos.

Para Watson e Laften (1986) o processo de erosão entressulcos é complexo e sua intensidade depende, basicamente, de três fatores: das características da chuva, das características do solo e das características da superfície do solo.

Bastos (1999) afirma que a formação de ravinas é provocada pela maior concentração de fluxo que gera o impulsionamento do processo de sulcamento. O ravinamento do solo indica gravidade da ação erosiva, pois significa que há grandes perdas de solo e comprometimento da regularidade do terreno. O aprofundamento das ravinas pode levar ao processo mais significativo de erosão hídrica, a formação de boçorocas.

Ainda segundo Bastos (1999), o termo Voçoroca do tupi-guarani, que significa rasgar ou romper, pode ser definida como uma ravina de grandes dimensões gerada

pela enorme concentração de fluxo superficial, provocada geralmente pela ação antrópica, combinada com a ação do fluxo subsuperficial e subterrâneo.

5.3 Fatores Condicionantes no Processo Erosivo

Mesmo que pareça de simples concepção, Bastos (1999) afirma que a erosão hídrica se destaca, principalmente, pela complexidade dos mecanismos envolvidos. A dificuldade do estudo dos processos erosivos se dá certamente, pela multiplicidade e a inter-relação de fatores que interferem no fenômeno. Autores como Bertoni e Lombardi (1985), Galetti (1985), Guerra e Mendonça (2004), apontam os determinados fatores como condicionantes da erosão: (a) clima; (b) relevo; (c) cobertura vegetal; (d) ação antrópica, e; (e) natureza do solo.

O fator climático influencia no desenvolvimento de processos erosivos, pois atua diretamente na formação do solo. Pode-se dizer que geralmente os aspectos climáticos mais importantes no desenvolvimento pedogenético são representados pela temperatura e precipitação pluviométrica (SALOMÃO & ANTUNES, 1998).

A chuva é um dos fatores climáticos mais importantes na erosão dos solos. A velocidade e o volume da enxurrada decorrem da intensidade, duração e frequência da chuva. O fator pluviométrico intensidade é o de maior importância na erosão (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1985).

A capacidade de desagregar, transportar e depositar partículas pela ação da água é conhecida como erosividade. De acordo com Bastos (1999), a ação erosiva da água, erosividade, depende da distribuição pluviométrica (acúmulo de chuva e intensidade).

No que se refere ao relevo, fatores como comprimento da rampa, declividade e o tipo de vertente, influenciam diretamente no caminho percorrido pela água. O tamanho e a quantidade do material em suspensão transportado pela água decorrem da velocidade com que ela escorre, que, por sua vez, é consequência do grau de declividade do terreno e do comprimento do lançante (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990). Dentre os fatores topográficos, a declividade de um terreno é provavelmente o mais importante a respeito da origem e evolução do processo erosivo (RODRIGUES, 1982).

Contudo, Bertoni e Lombardi Neto (1990) afirmam que o comprimento da rampa não é menos importante que o declive, pois, à medida que o caminho percorrido

aumenta, as águas se tornam mais volumosas e a velocidade de escoamento também cresce progressivamente, resultando em maior energia e, por consequência, maior erosão.

Dados apresentados por Bertoni e Lombardi Neto (1990) estimaram que um terreno com 20 metros de comprimento e 20% de declive tem as mesmas taxas de perda de solo que um terreno de 180 metros e 1% de declividade, nas mesmas condições de chuva, tipo de solo e tipo de cobertura e manejo.

A cobertura vegetal do terreno é outra condicionante importante no processo erosivo. Para Ayres (1960) este fator influencia na erosão em razão de amortecer o impacto das gotas de chuva diminuindo o poder de desagregação e transporte das mesmas; diminui, também, a velocidade e facilita a infiltração da água. A cobertura vegetal é importante, pois refere-se à permeabilidade/impermeabilidade do solo e das camadas adjacentes.

Portanto, a cobertura vegetal atua diretamente sobre o escoamento superficial e a infiltração da água no solo, sendo o desmatamento a crucial causa dos processos erosivos por alterar o escoamento e a infiltração de água no solo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1985).

Dentre os fatores que influenciam na erosão dos solos, talvez o que tenha maior impacto seja a ação antrópica sobre o ambiente, que compreende a ocupação humana dos terrenos, com suas formas de uso e manejo dos solos.

De acordo com Cassol (2008), em áreas rurais os solos são mais suscetíveis a erosão hídrica quando: é extraída a cobertura vegetal; a agricultura é executada de forma incorreta; o solo sofre compactação pelo pisoteio do gado e excesso de movimentação de máquinas e implementos agrícolas; ocorrem aberturas de valas perpendiculares às curvas de nível e com a abertura de estradas vicinais sem os cuidados apropriados com a rede de drenagem.

Basso (2013) afirma que nas áreas urbanas, a aceleração do processo erosivo se dá pela intervenção humana, principalmente referente às obras de engenharia como: exposição de taludes de corte em rodovias e barragens sem proteção; exploração de áreas para retirada de materiais para empréstimo; execução de obras residenciais sem as precauções adequadas com a drenagem; obras de retificação de rios e canais, entre outros. O importante é que, em obras de construção civil, deve-se levar o processo erosivo em consideração desde a etapa construtiva até após a sua finalização. Na fase inicial com cortes de taludes, aterros e fundações; já na fase de

conclusão podem haver problemas de recalques e, também, erosão interna do solo (*piping*) presente na fundação.

As características específicas de cada solo/rocha determinam a vulnerabilidade dos terrenos à erosão, propriedade chamada de erodibilidade. Segundo Camapum de Carvalho (2006), a erodibilidade de um solo é estabelecida como sua vulnerabilidade aos processos erosivos, sendo o solo mais suscetível ou não, dependendo da sua natureza.

Fendrich et al. (1991) descrevem as características do solo que influenciam no processo erosivo, como sua textura, estrutura, estratificação, permeabilidade, teor de umidade e composição. A textura, ou seja, o tamanho das partículas do solo interfere na capacidade de infiltração e absorção d'água, inferindo na energia das enxurradas e na coesão dos solos.

Bastos (1999) define a erodibilidade como a maior ou menor propensão com que as partículas são destacadas e transportadas pela ação do agente erosivo, sendo uma propriedade de difícil compreensão em razão do grande número de fatores físicos, químicos, biológicos e mecânicos intervenientes.

O arranjo das partículas no solo influi na capacidade de infiltração, absorção da água da chuva e arraste das partículas. De acordo com Salomão e Iwasa (1995), dependendo da estruturação das partículas, os solos argilosos podem se mostrar altamente porosos e até mais permeáveis que solos arenosos.

Fendrich et al. (1991) afirmam que a espessura do solo e o contato com a rocha interferem na rapidez da saturação do solo e no início do escoamento superficial. Então, solos rasos possibilitam rápida saturação dos horizontes superficiais, propiciando a formação de enxurradas, porém os solos profundos apresentam maior capacidade de infiltração das águas pluviais.

5.4 Experimentos de Campo para Determinação de Perda de Solo e Água

A definição das perdas sofridas pelo solo por decorrência de fenômeno erosivo pode ser feita de diversas maneiras. A escolha do procedimento varia de acordo com a natureza das perdas que se pretende determinar, como do tipo de práticas de conservação a se estudar, da ecologia local e das possibilidades do pesquisador. Pelo método direto, a erosão por arrastamento superficial é, geralmente, a forma de erosão

mais importante no estudo das práticas conservacionistas (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2014).

As primeiras investigações científicas em erosão do solo foram feitas na Alemanha, entre os anos de 1877 e 1895, em pequenas parcelas utilizadas para observações e medições de diversos efeitos relacionadas ao processo erosivo (PINESE JÚNIOR et al. 2008). Em 1923 ocorreu no Estado de Missouri, a primeira publicação de resultados de erosão pluvial do solo em parcelas experimentais de campo (VOLK, 2006). No Brasil, estudos em estações experimentais conduzidos por Baccaro (1993) e Guerra & Cunha (1996) têm grande importância para o entendimento dos processos erosivos e compreendem a utilização de parcelas de erosão.

Sendo assim, as parcelas de erosão são uma ferramenta importante no entendimento dos processos de erosão hídrica, atuando na representação de fatores mensuráveis, já que se tem uma área conhecida e que pode representar o tratamento e manejo direcionado de acordo com as necessidades da pesquisa.

Este trabalho foi realizado em uma das microbacias afluentes do Córrego Buritizal, que pertence à bacia do Rio Taquaruçu, que se localiza em uma área rural próxima ao distrito de Taquaruçu, município de Palmas-TO. O local estudado situa-se entre as latitudes 10°15'33" e 10°16'16" S, e as longitudes 48°07'56" e 48°08'47" Wgr, à uma altitude média de 616 metros, distante aproximadamente 42 km da capital do Estado do Tocantins.

A microbacia é afluente do Córrego Buritizal, que é um dos responsáveis pelo abastecimento de água de Palmas-TO. A região possui dimensões, solos, topografia e paisagem variados, características que levaram a escolha da área para estudo. Em virtude destas características, outros estudos, inclusive, foram realizados neste local.

A geologia da microbacia do Córrego Buritizal é composta, pela formação Pimenteiras, a qual é composto por argilitos, siltitos, folheiros e arenitos finos. A bacia do Rio Taquaruçu está inserida em duas unidades geomorfológicas: a Depressão do Tocantins e o Planalto Residual do Tocantins, de acordo com a classificação do Projeto RADAMBRASIL (BRASIL, 1981)

De acordo com informações do Projeto RADAMBRASIL (Brasil, 1981), do Atlas do Tocantins (2003) e de estudos efetuados por Santos (2000), os solos da microbacia do Córrego Buritizal podem ser classificados como Latossolos Vermelho-Amarelos com associação com Plintossolos Pétricos que são solos com propriedade primordial de uma grande quantidade da sua granulometria do tamanho de cascalhos.

A bacia do Rio Taquaruçu caracteriza-se por possuir declives entre 15% e 30% (Tocantins, 2003). Quanto ao clima, a região encontra-se na zona climática tropical. A temperatura média é entre 26° e 27°C no verão, e em torno de 23°C no inverno. Os ventos são de fracos a moderados e a umidade do ar é de 76% (RANZANI, 2002).

Segundo categorização do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) a bacia do Rio Taquaruçu faz parte da região hidrográfica do Tocantins-Araguaia.

De acordo com classificação do RADAMBRASIL a vegetação natural presente na bacia é composta por Savana-Gramíneo-Lenhosa, Savana Parque (Campo Cerrado), Savana Arbórea Aberta (Cerrado Sentido Restrito), Savana Arbórea Densa ou Savana Florestada (Cerradão) e Savana Estacional Semidecidual, Floresta Semidecidual Aluvial ou Floresta-de-Galeria e Veredas. A disposição dessas vegetações está relacionada às características topográficas da região (TOCANTINS, 2004).

6.1.2 Instalação de Áreas de Coleta

Lombardi Neto e Bertoni (2014) afirmam que os talhões coletores para determinar perdas de solo têm sido bastante utilizados em diversos países. Na maior parte dos experimentos executados no Estados Unidos, empregaram-se parcelas de 1,80m de largura e 22m de comprimento, com uma área aproximada de 40m², a fim de analisar os efeitos dos diversos fatores sobre a erosão.

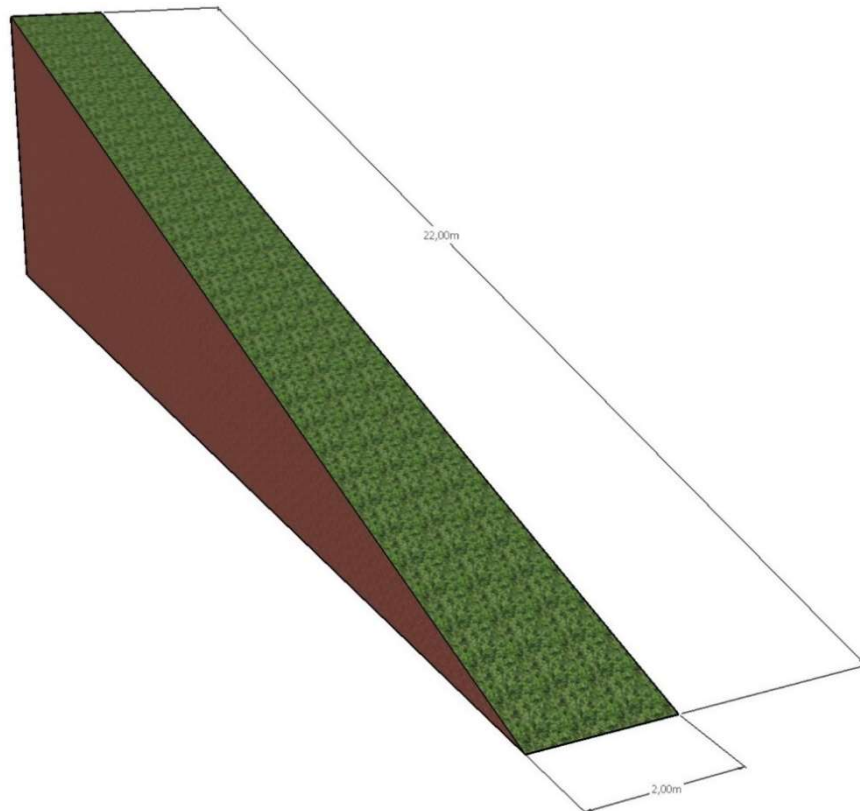
Os talhões foram cercados com lâminas de metal ou de madeira com o objetivo de limitar as parcelas, penetrando de 15 a 20cm no terreno, ficando exposto fora da superfície de 10 a 15cm.

Nos tanques coletores do material erodido, presentes na extremidade inferior das parcelas, concentrava-se a enxurrada e o solo arrastado. O primeiro tanque armazena as partículas grossas de solo e praticamente todo o material sedimentado, o excesso de enxurrada passava por um divisor em que uma fração ou alíquota era conduzida para um segundo tanque, em geral chamado de tanque de armazenamento.

O divisor *Geib* com várias janelas, sempre de número ímpar, é o melhor equipamento conhecido para fazer divisão do fluxo de enxurrada e obter uma fração da alíquota. Este divisor consiste em uma caixa metálica, por onde drena a enxurrada por uma série de janelas verticais, todas de um mesmo tamanho. A enxurrada que passa pela janela central é conduzida ao tanque seguinte para ser medida, e a que passa pelas outras janelas é desprezada (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2014).

Foi admitido para as características locais parcelas com dimensões de 22m de comprimento e 2m de largura.

Figura 3 - Dimensões da parcela de coleta de perda de solo e água.

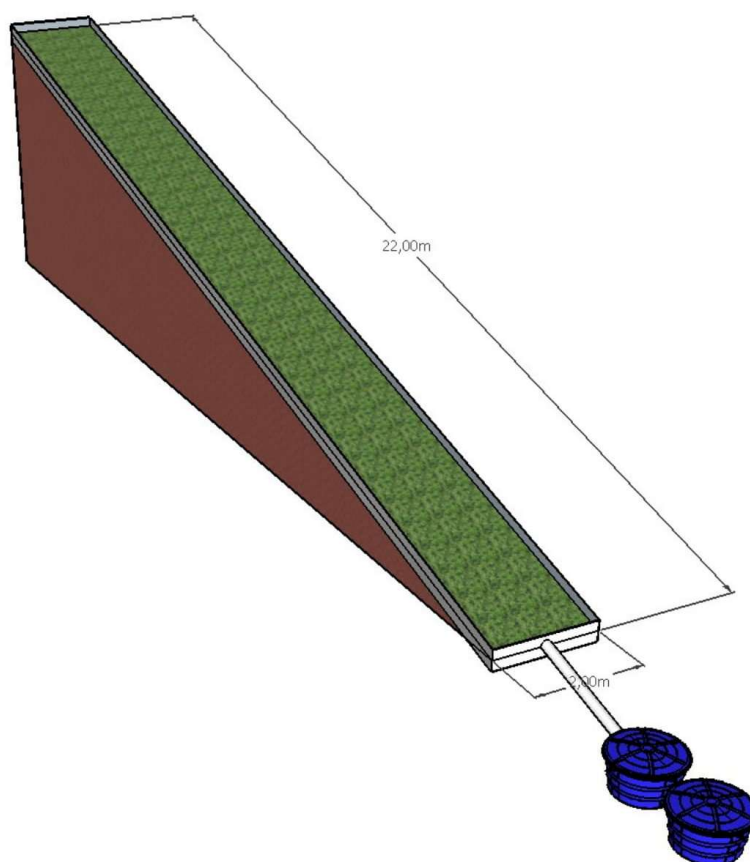


Fonte: Autoria Própria (2019).

A instalação das parcelas de coleta foi executada da seguinte forma:

- 1- Chapas de zinco de 30cm de largura foram instaladas por todo o perímetro da parcela, a fim de delimitar a área de coleta e dividir das demais parcelas;
- 2- Na extremidade do sentido do declive foi aberto um vão para passagem de tubulação de PVC (100 mm de diâmetro) a qual tinha a função de transportar a enxurrada para a caixa d'água logo à frente da parcela;
- 3- Tanque coletor feito pela instalação de duas caixas d'água de fibra de vidro (250L) para receber a chuva que percorreu pela parcela e chega em forma de enxurrada na caixa d'água.
- 4- O divisor *Geib* foi executado na primeira caixa, contando com 15 cortes de 2cm x 10cm, que tem o objetivo desprezar o excesso de enxurrada que ocupa a caixa d'água;
- 5- Dispositivo feito com chapa de zinco foi colocado em 1 vão dos 15 com a função de transferir apenas esta parte de enxurrada para a caixa d'água seguinte.

Figura 4 – Esquema de instalação da parcela de coleta de perda de solo e água.



Fonte: Autoria Própria (2019).

Na microbacia do Córrego Buritizal foram definidos três locais para implantação das áreas de coleta de dados para estimativa de perda de solo. Essa determinação ocorreu de modo em que houvessem três tipos diferentes de interação solo-vegetação.

A classificação pedológica, de matéria orgânica e vegetação foi feita em laboratório terceirizado. As três áreas de coleta e a quantidade de parcelas presentes em cada área foram definidas como:

Quadro 1 – Classificação dos solos e quantidade de parcelas nas áreas.

		Área de Coleta				
		A1		A2	A3	
Tipo de solo		Plintossolo		Latossolo	Latossolo	
Cobertura vegetal	Com Sem	Cerrado Rupestre	Solo Exposto	Floresta	Cerrado Típico	Solo Exposto
Nome Parcela		PCR	PSE	LF	LCT	LSE
Número de Parcelas		3	3	3	3	3

Fonte: Autoria Própria (2019).

Assim, foram definidas 15 parcelas de coleta de perda de solo, com o total de 30 tanque receptores de enxurradas.

A existência de parcelas sem cobertura vegetal é outro fator importantíssimo neste estudo. Não só analisar a perda de solo, dos diferentes tipos presentes na área estudada, mas também verificar, na mesma situação, o comportamento deste solo quando não está protegido pela cobertura vegetal. A quantificação destas perdas pode nos trazer indicadores importantes e abrir frentes para antecipar controle de erosões de solos com características semelhantes ou correlacionáveis.

As instalações iniciaram em dezembro de 2015 e foram concluídas em janeiro de 2016.

Figura 5 – Parcela unitária de coleta de perda de solo em campo.



Fonte: Autoria Própria (2019)

Figura 6 – Área de coleta de perda de solo em campo



Fonte: Autoria Própria (2019).

6.1.3 Procedimentos de Coleta

Instaladas as parcelas, definiu-se os procedimentos de coleta de amostras para posterior avaliação em laboratório.

Os procedimentos de coleta de amostra seguiram estes passos:

- 1- Para a mesma parcela, a caixa A corresponde à primeira, enquanto a caixa B a segunda;

- 2- Aferição da altura da lâmina d'água, com régua metálica, presente nas caixas d'água (com esse dado foi possível estimar o volume de enxurrada depositado na caixa d'água);
- 3- Coleta de uma pequena porção de solo presente no fundo da caixa d'água (esse solo era armazenado e acumulado em laboratório, para utilização em ensaios de perda de nutrientes);
- 4- Para cada parcela havia um frasco de vidro nomeado e pesado anteriormente em laboratório para utilização em campo;
- 5- Homogeneização da água das caixas e coleta de 250mL em frasco de vidro para posterior análise em laboratório;
- 6- Limpeza de todas as caixas d'água a fim de receber a próxima coleta sem interferências;
- 7- Aferição da precipitação do período da coleta por meio de pluviômetros presentes nas áreas de coleta.

Ao todo ocorreram 50 coletas do período de 26/01/2016 a 30/04/2018, as quais eram intensificadas no período chuvoso da região, e realizadas semanalmente. As coletas na microbacia do Córrego Buritizal eram levadas para o Laboratório de Águas no IFTO onde procedia-se a análise das amostras.

Figura 7 – Coleta de perda de solo em campo



Fonte: Autoria Própria (2019).

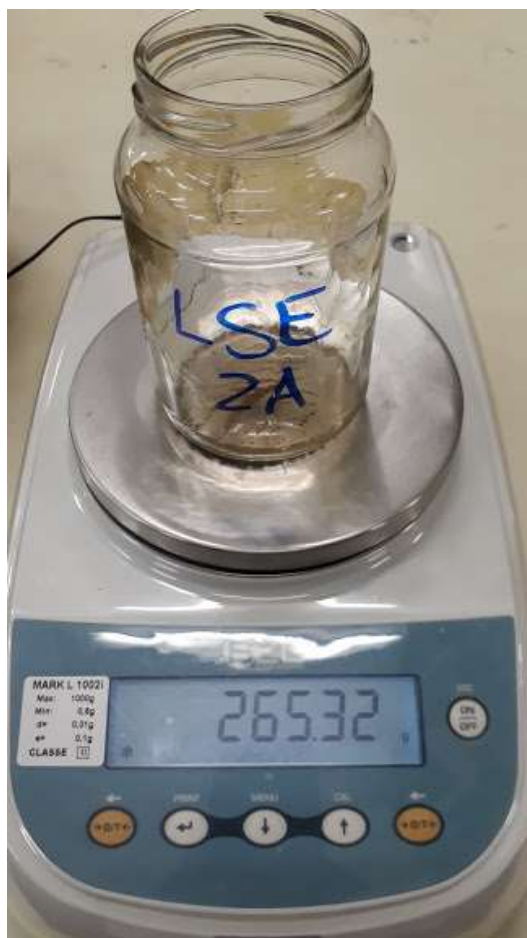
6.1.4 Análise de Amostras em Laboratório

O procedimento em laboratório foi, basicamente, com o intuito de quantificar os sedimentos presentes em cada vidro correspondente das parcelas de campo.

Tais procedimentos seguiam os determinados passos:

- 1- Antes do procedimento de coleta de campo todos os vidros eram demarcados e pesados em laboratório;
- 2- Logo que se chegava com a coleta de campo, aos frascos era adicionada uma solução de Sulfato de Alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), um flocculante que tem o objetivo de sedimentar as partículas de solo presentes na mistura, por um período de 24 horas;
- 3- Após a ação do flocculante, o excesso de água era retirado e seguia com as amostras para a estufa a $100 \pm 5^\circ\text{C}$, por 24 horas;
- 4- Passadas as 24 horas de secagem e um pequeno período para resfriamento dos vidros, estes eram pesados a fim de se obter o peso dos sedimentos;
- 5- Após a pesagem de todos os vidros da coleta vigente, prosseguia-se a demarcação de vidros secos para a nova coleta e continuava-se ao ciclo de procedimentos em campo e em laboratório.

Figura 8 – Procedimento de pesagem de vidro em laboratório.



Fonte: Autoria Própria (2019).

De forma sintetizada, o acumulado de sedimentos em cada parcela de solo pode representar a perda de solo por erosão laminar destes solos correspondentes, em condição com cobertura vegetal e com solo exposto.

6.1.5 Procedimento de Cálculo

6.1.5.1 Perda de Solo

Os dois fatores primordiais para o cálculo da perda de solo em parcelas experimentais são os dados coletados de altura de lâmina de enxurrada dentro da caixa d'água e massa de sedimento pesada em laboratório após a coleta.

A quantidade de sedimentos nas caixas d'água é igual a massa de sedimento presente no vidro que representa a parcela, multiplicada pelo volume de enxurrada presente na caixa d'água, que é a proporção de altura de lâmina de enxurrada para a

altura da caixa d'água, dividido pelo volume coletado em cada vidro de coleta. O cálculo de sedimentos nas caixas A e B é igual.

$$Sed_{cx} = Sed_v VE_{cx}/V_v \quad [1]$$

Onde:

Sed_{cx} (kg) = sedimento na caixa d'água;

Sed_v (g) = peso do vidro após a coleta subtraído pelo peso antes da coleta;

VE_{cx} (L) = volume de enxurrada na caixa d'água, equação [2];

V_v (mL) = volume do vidro de coleta, 250 mL.

$$VE_{cx} = V_{cx} (h_e/h_{cx}) \quad [2]$$

Onde:

VE_{cx} (L) = volume de enxurrada na caixa d'água;

V_{cx} (L) = volume da caixa d'água;

h_e (cm) = altura de enxurrada na caixa d'água;

h_{cx} (cm) = altura útil da caixa d'água.

O cálculo do volume de enxurrada será diferente entre as caixas A e B. Para as caixas A o volume possível de utilização da caixa será de 70% do volume total da caixa, ou seja 178,6L. Isso porque a altura útil desta caixa é de 40cm devido ao posicionamento dos *Geibs*. Para as caixas B o volume será o total da caixa, pois a diferença de cota das caixas permite que a caixa B seja preenchida até sua altura total de 56cm.

A perda de solo em uma parcela de solo é dada pela soma dos sedimentos na caixa A mais a soma de sedimentos da caixa B multiplicada pelos *geibs* da caixa B.

$$PS = Sed_{cxA} + (Sed_{cxB} Geibs) \quad [3]$$

Onde:

PS (kg) = perda de solo em uma parcela de solo;

Sed_{cxA} (kg) = sedimentos na caixa A;

Sed_{cxB} (kg) = sedimentos na caixa B;

$Geibs$ (adimensional) = número de aberturas na caixa A, 15.

6.1.5.2 Perda de Água

O cálculo da perda de água nas parcelas experimentais padrão segue a mesma lógica das perdas de solo. Nada mais é que o volume de água nas duas caixas d'água, com a multiplicação do volume da caixa B pela quantidade de *geibs*, subtraído pelo volume de sedimentos na caixa.

Para o cálculo do volume de sedimento é necessário a densidade do solo em questão. No caso do Plintossolo, a densidade adotada foi de 1,38 g/cm³ de acordo com estudo de Franceschette et al. (2013). Para o solo Latossolo 1,25 g/cm³ foi a densidade adotada seguindo o estudo de Jorge et al. (2012).

$$VS_{cx} = Sed_{cx}/DS \quad [4]$$

Onde:

VS_{cx} (L) = volume de sedimentos na caixa d'água;

Sed_{cx} (kg) = sedimentos na caixa d'água;

DS (g/cm³) = densidade do solo.

$$PA_{cxA} = VE_{cxA} - VS_{cxA} \quad [5]$$

Onde:

PA_{cxA} (L) = perda de água na caixa A;

VE_{cxA} (L) = volume de enxurrada na caixa A;

VS_{cxA} (L) = volume de sedimentos da caixa A;

Obs.: a metodologia de cálculo de perda de águas nas caixas A e B é a mesma.

$$PA = PA_{cxA} + (PA_{cxB} Geibs) \quad [6]$$

Onde:

$PA(L)$ = perda de água em uma parcela;

$PA_{cxA}(L)$ = perda de água na caixa A;

$PA_{cxB}(L)$ = perda de água na caixa B;

$Geibs$ (adimensional) = 15.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na área de estudo, situada na microbacia do Córrego Buritizal, foram realizados estudos em parcelas padrão de perda de solo. As parcelas foram subdivididas em tipos de solo e de cobertura vegetal assim como descrito no Quadro 1.

Quadro 1 – Classificação dos solos e quantidade de parcelas nas áreas.

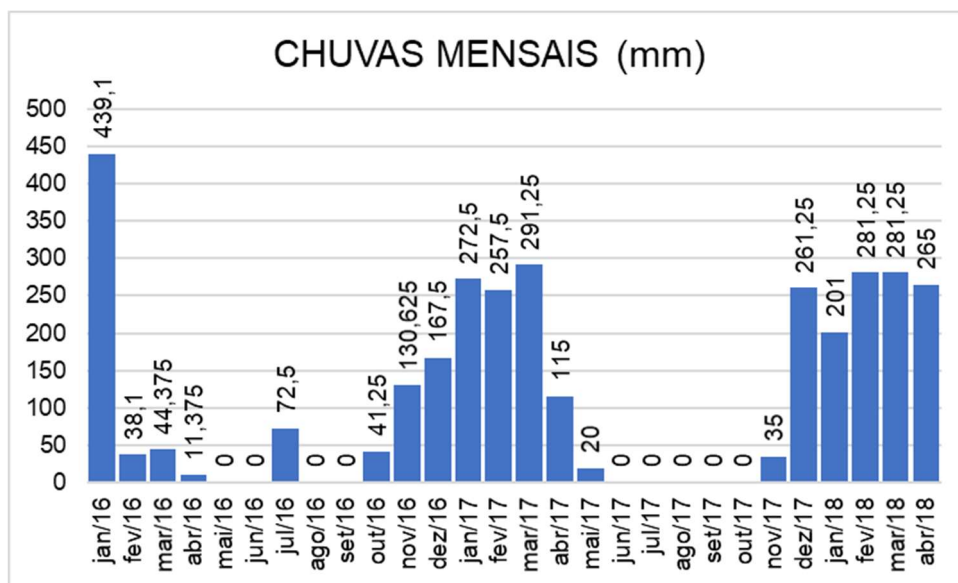
		Área de Coleta				
		A1		A2	A3	
Tipo de solo		Plintossolo		Latossolo	Latossolo	
Cobertura vegetal	Com Sem	Cerrado Ruprestre	Solo Exposto	Floresta Ombrófila	Cerrado Típico	Solo Exposto
Nome Parcela		PCR	PSE	LF	LCT	LSE
Número de Parcelas		3	3	3	3	3

Fonte: Autoria Própria (2019).

A coleta dos dados foi realizada semanalmente em época chuvosa e na estiagem não foram realizadas coletas nas parcelas. Em abril de 2018 foram encerradas as coletas dos dados.

Por haverem três repetições de cada parcela, o quantitativo de perda de solo ou água referente a cada parcela, será exposto como a média das repetições.

Os dados pluviométricos da região foram obtidos pela média pluviométrica coletada de 2 pluviômetros instalados nas áreas de coleta. Exceto para os meses de janeiro e fevereiro de 2016, por não estarem instalados os pluviômetros foi utilizada série de dados do HidroWeb ferramenta integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) com responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA) no posto pluviométrico denominado Taquarussu do Porto, código 01048005.

Figura 9 – Série de chuvas mensais do período de coletas em campo.

Fonte: Autoria Própria (2019).

As perdas de solo foram calculadas de acordo com os dados coletados em campo. Para os meses de maio, junho, agosto e setembro de 2016 não ocorreram coletas. Em 2017, de junho a outubro também não houveram dados coletados.

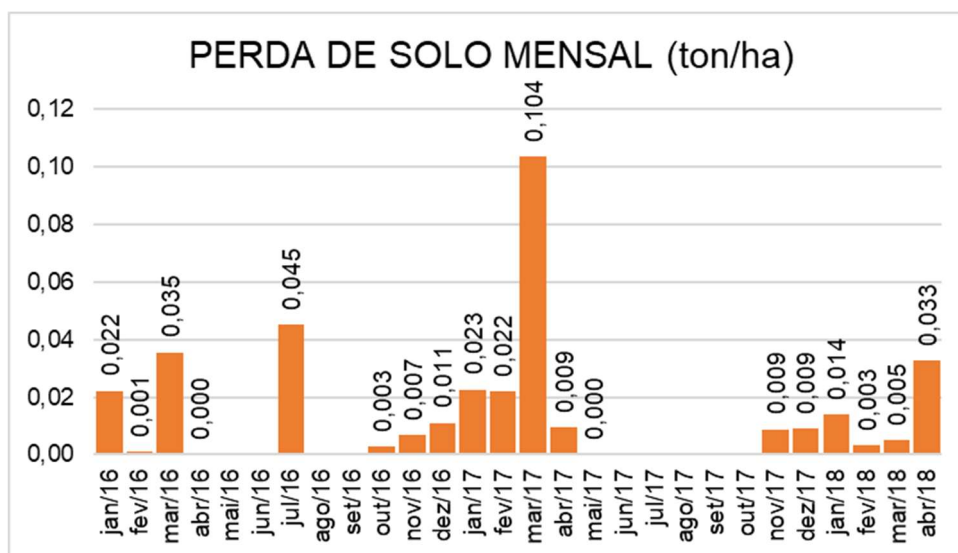
7.1.1 Plintossolo Cerrado Rupestre

O Plintossolo com cobertura rupestre (PCR) obteve máximo valor de perda de solo mensal de 0,104 ton/ha em março de 2017 (Figura 10). No caso em que não havia cobertura vegetal (Plintosolo com Solo Exposto - PSE), os resultados mais elevados foram de até 7,28 ton/ha (Figura 11). De acordo com a classificação proposta por Avanzi et al. (2013) as perdas de solo do Plintossolo com Cerrado Rupestre e Plintossolo com Solo Exposto podem ser identificadas nas classes “suave” e “moderada”, respectivamente, conforme Quadro 2.

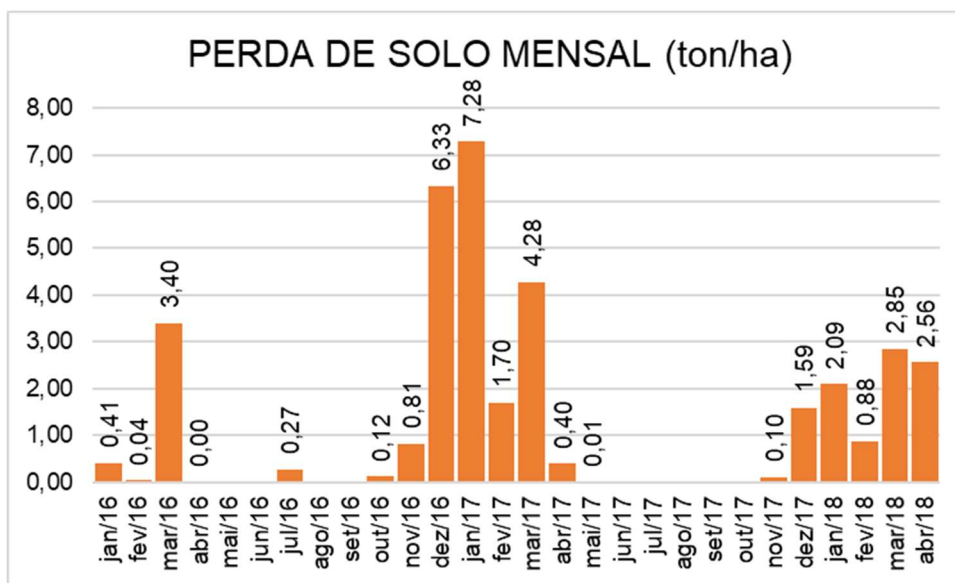
Quadro 2 – Classes qualitativas de perda de solo.

Perdas de solo Ton ha ⁻¹ ano ⁻¹	Classes qualitativas de perda de solo
0 - 2,5	Suave
2,5 - 5	Suave/Moderada
5 - 10	Moderada
10 - 15	Moderada/Alta
15 - 25	Alta
25 - 100	Muito Alta
>100	Extremamente Alta

Fonte: Adaptada de acordo com a classificação proposta por Avanzi et al. (2013).

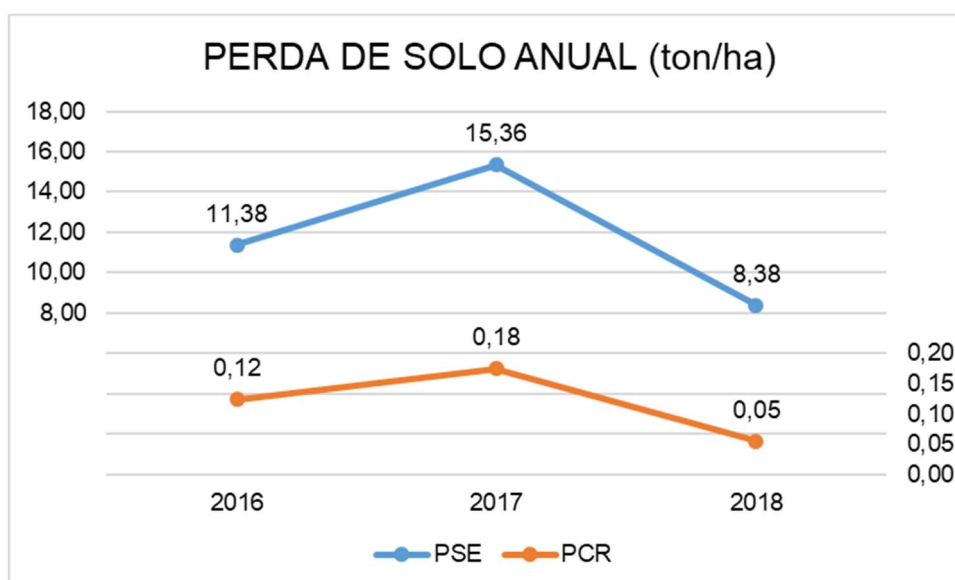
Figura 10 – Perda de solo mensal por erosão hídrica em parcela PCR.

Fonte: Autoria Própria (2019)

Figura 11 – Perda de solo mensal por erosão hídrica em parcela PSE.

Fonte: Autoria Própria (2019)

Anualmente a perda de solo, nesta parcela, quando o solo esteve com cobertura vegetal, foi em média 99% menor do que quando esteve exposto à ação erosiva da chuva sem cobertura.

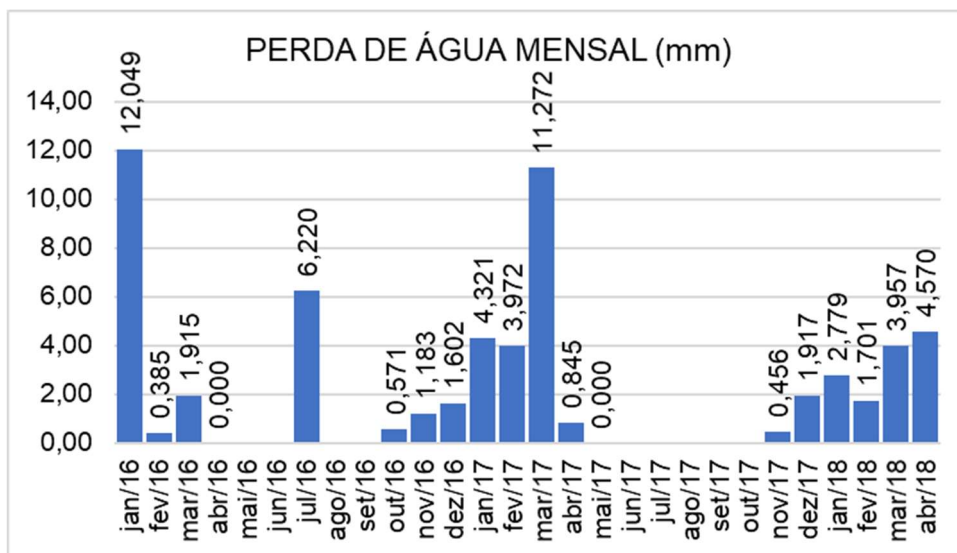
Figura 12 – Perda de solo anual das parcelas PSE e PCR.

Fonte: Autoria Própria (2019).

Quanto à perda de água nesta área, os resultados também foram significativos, no que diz respeito a presença ou não de cobertura vegetal.

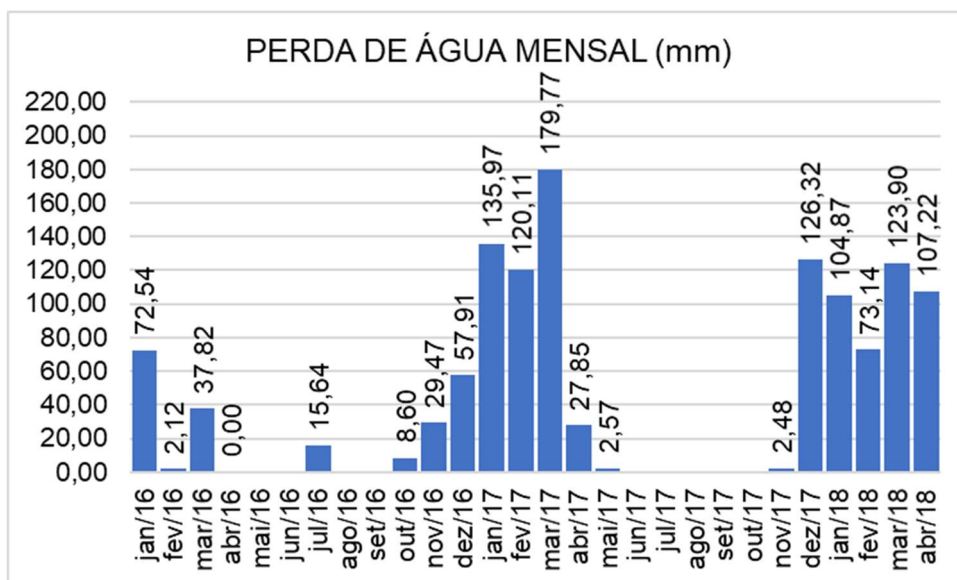
A perda de água em PCR teve valor máximo de 12,049mm em janeiro de 2016 (Figura 13). Entretanto em parcela de solo exposto, PSE, a maior perda de água foi verificada em março de 2017, 179,77mm (Figura 14).

Figura 13 – Perda de água mensal por erosão hídrica em parcela PCR.



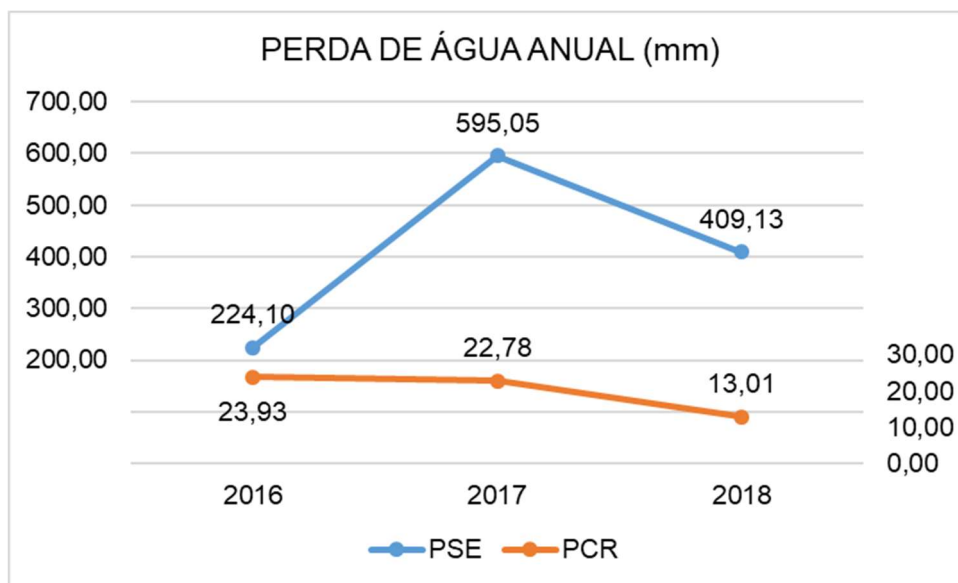
Fonte: Autoria Própria (2019)

Figura 14 – Perda de água por erosão hídrica em parcela PSE.



Fonte: Autoria Própria (2019)

A perda de água em parcela de solo coberto foi 89% menor em 2016, se comparado à parcela com solo exposto. Nos anos seguintes as perdas nas parcelas de solo PCR foram 96% e 97% menores do que nas parcelas de solo PSE.

Figura 15 – Perda de água anual das parcelas PSE e PCR.

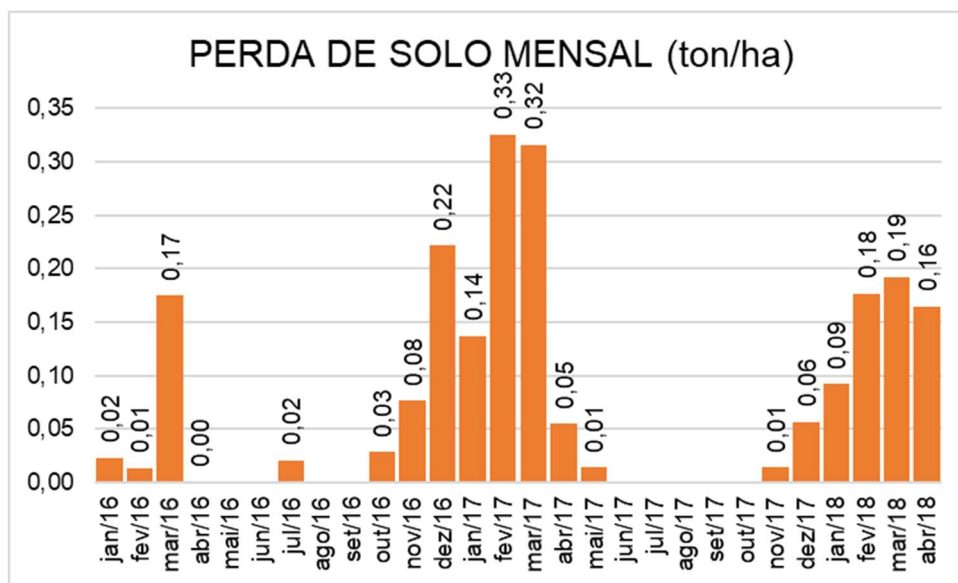
Fonte: Autoria Própria (2019).

7.1.2 Latossolo Cerrado Típico

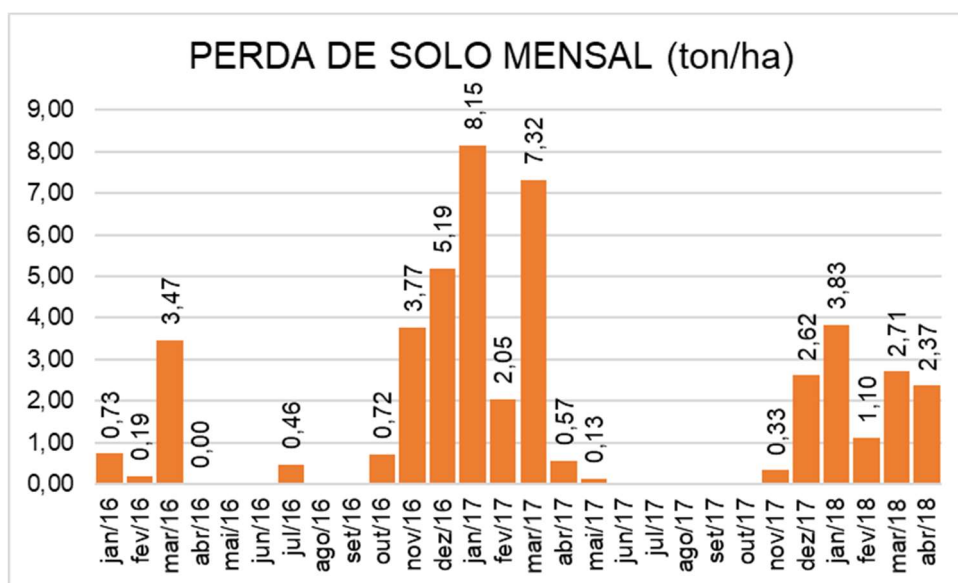
De acordo com os dados coletados em parcelas padrão em campo as perdas de solo desta região foram calculadas.

A perda de solo nesta região, quando o solo esteve com a cobertura vegetal nativa (Latossolo com Cerrado Típico - LCT), representou valor máximo mensal de 0,33 ton/ha em fevereiro de 2017 (Figura 16). De acordo com o Quadro 3 a perda de solo anual desse solo pode ser classificada como “suave”.

No caso em que não houve cobertura vegetal (Latossolo com Solo Exposto - LSE) a perda de solo mensal máxima foi de 8,15 ton/ha em janeiro de 2017 (Figura 17). A classificação proposta por Avanzi et al. (2013), classifica como “moderada/alta” nos anos de 2016 e 2018. Em 2017 é classificada como “alta” a perda de solo para esta área.

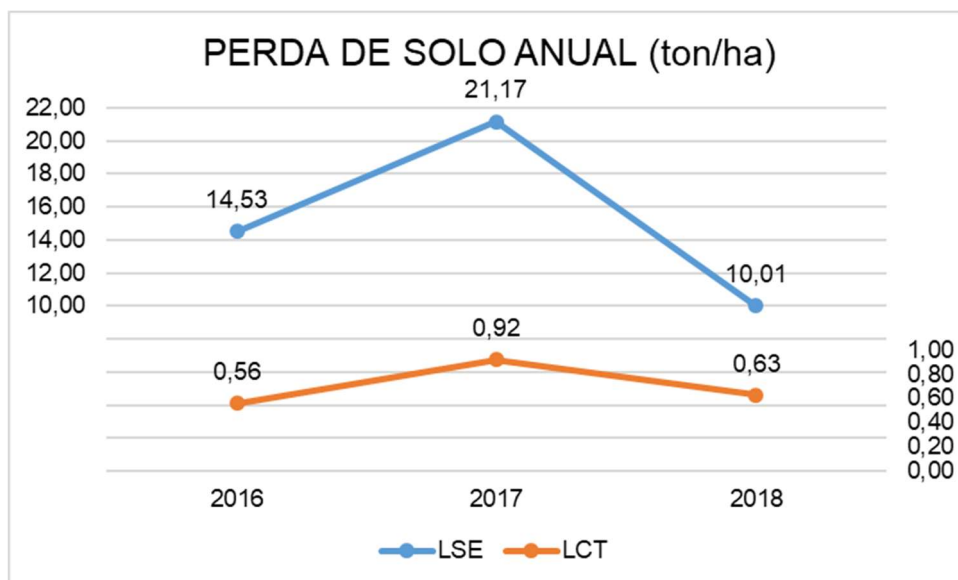
Figura 16 – Perda de solo mensal por erosão hídrica em parcela LCT.

Fonte: Autoria Própria (2019).

Figura 17 – Perda de solo mensal por erosão hídrica em parcela LSE.

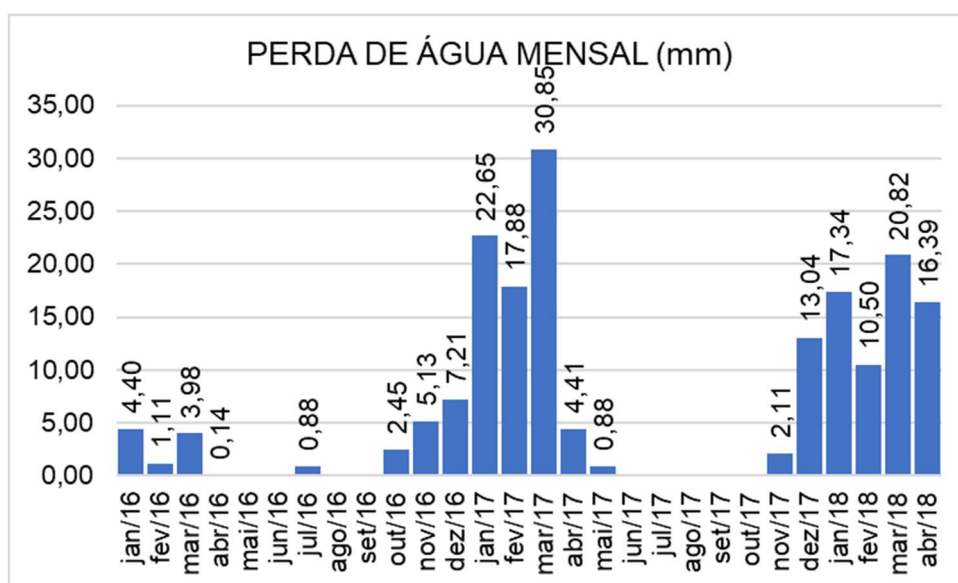
Fonte: Autoria Própria (2019).

Os resultados mostram que a cobertura vegetal é fator relevante para a perda de solo nesta área. A perda de solo quando havia presença de cobertura vegetal variou entre valores 94% e 96% menores do que nos casos em que não havia vegetação.

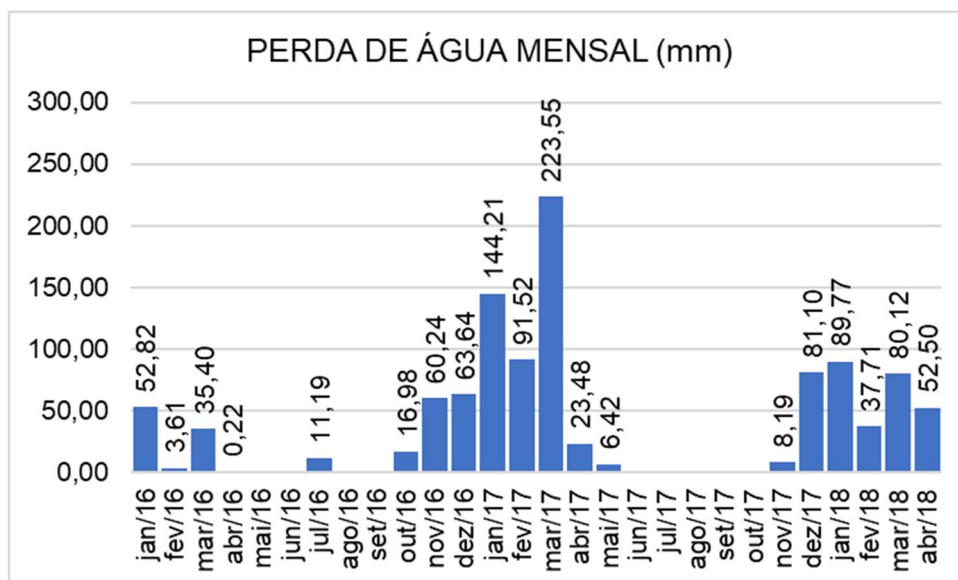
Figura 18 – Perda de solo anual das parcelas LSE e LCT.

Fonte: Autoria Própria (2019).

As perdas de água também apresentaram resultados diferentes em casos com cobertura e sem cobertura vegetal. A perda de água, quando houve cobertura vegetal, teve valor máximo em março de 2017, 30,85 mm (Figura 19). Entretanto, a falta de vegetação evidenciou, no mesmo mês, perda de 223,55mm (Figura 20), valores muito superiores.

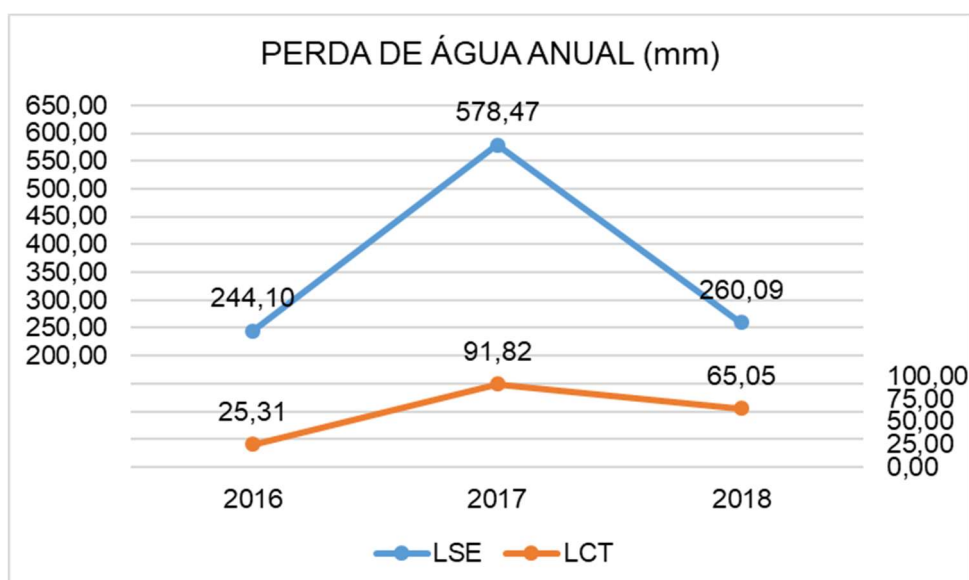
Figura 19 – Perda de água mensal por erosão hídrica em parcela LCT.

Fonte: Autoria Própria (2019).

Figura 20 – Perda de água mensal por erosão hídrica em parcela LSE.

Fonte: Autoria Própria (2019).

A perda de água nesta área foi 75% menor em 2018 em parcelas com cobertura vegetal se comparado às parcelas vegetação. A diferença de perda foi ainda maior em 2016, com valor 90% menores nos solos protegidos.

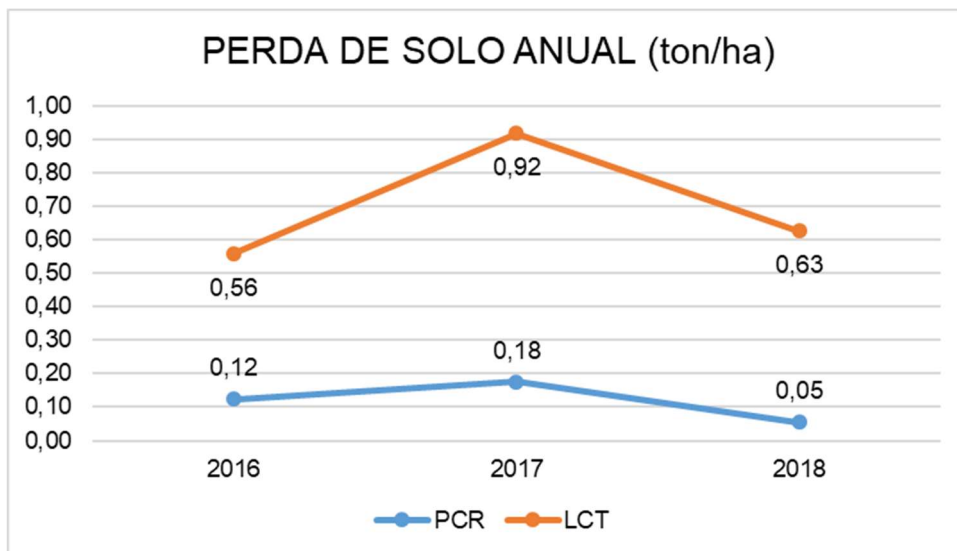
Figura 21 – Perda de água anual das parcelas LSE e LCT.

Fonte: Autoria Própria (2019).

Apesar de tratarem-se de solos e coberturas vegetais distintas, para fins de estudo, as perdas de solo nas parcelas de Latossolo com Cerrado Típico (LCT) foram comparadas as perdas nas parcelas de Plintossolo com Cerrado Rupestre (PCR).

As perdas de solo anuais nas parcelas LCT foram maiores 349% em 2016, 424% em 2017 e 1044% em 2018 se comparadas as perdas nas parcelas PCR.

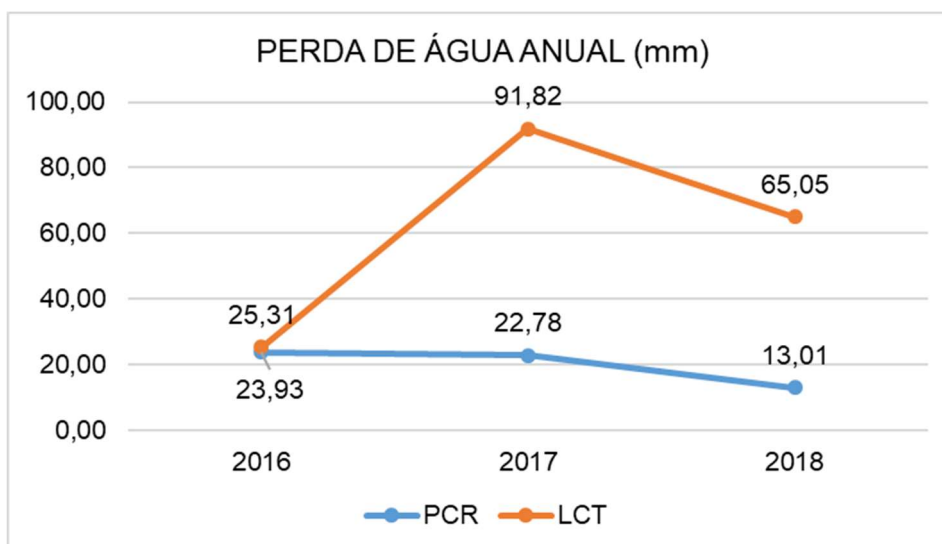
Figura 22 - Perda de solo anual das parcelas PCR e LCT.



Fonte: Autoria Própria (2019).

Quanto à perda de água, os valores foram mais aproximados no primeiro ano. Já nos anos seguintes o conjunto solo Latossolo com cobertura de Cerrado Típico permaneceu com maior perda se comparado ao Plintossolo com Cerrado Rupestre. Variou entre 4% e 400% a mais a perda em LCT em relação a PCR na época do estudo.

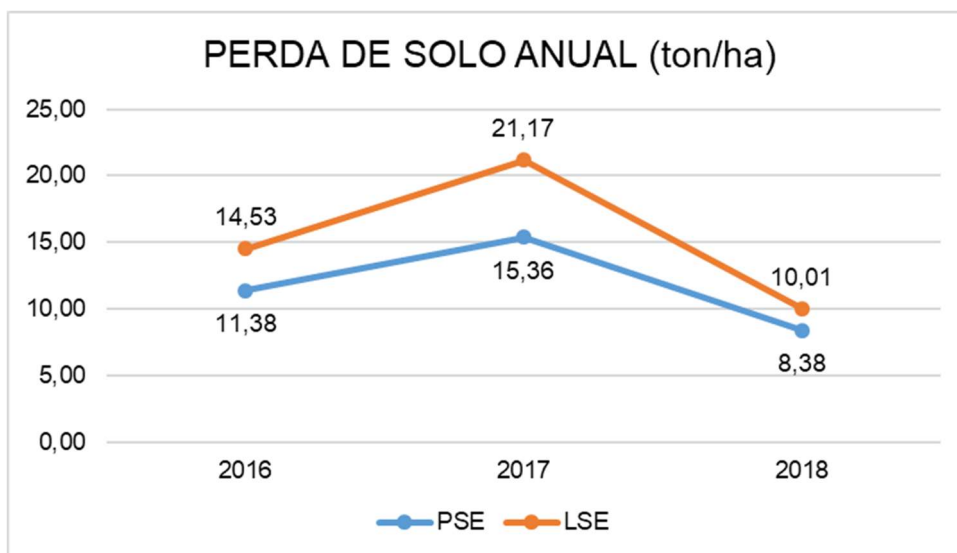
Figura 23 - Perda de água anual das parcelas PCR e LCT.



Fonte: Autoria Própria (2019).

As perdas de solo das duas áreas de coleta sem cobertura vegetal também foram comparadas. O solo Latossolo apresentou em média 28% a mais de perda de solo se comparado ao Plintossolo.

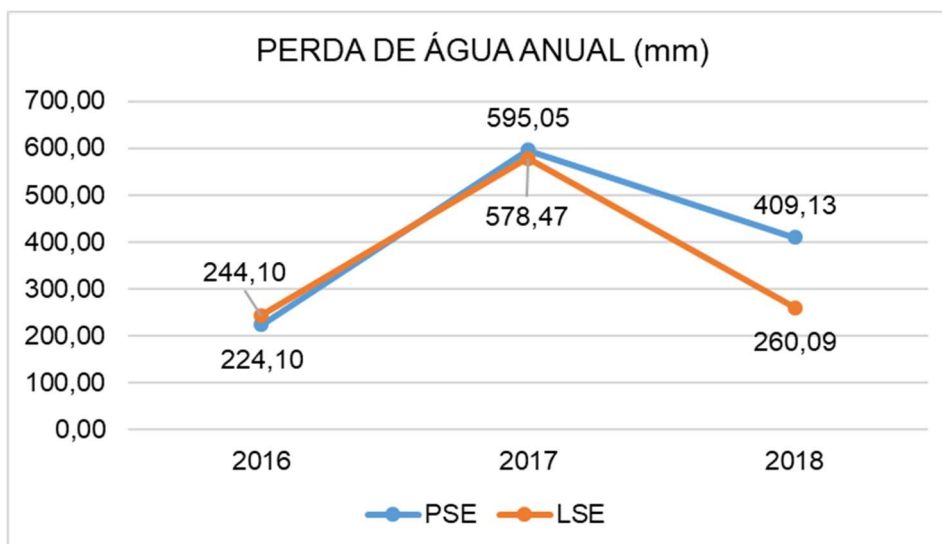
Figura 24 - Perda de solo anual das parcelas PSE e LSE.



Fonte: Autoria Própria (2019).

A perda de água também foi comparada. No primeiro ano o Latossolo apresentou maior perda, mas nos anos seguintes as parcelas de Plintossolo foram as que mais perderam água devido à erosão hídrica.

Figura 25 - Perda de água anual das parcelas PSE e LSE.

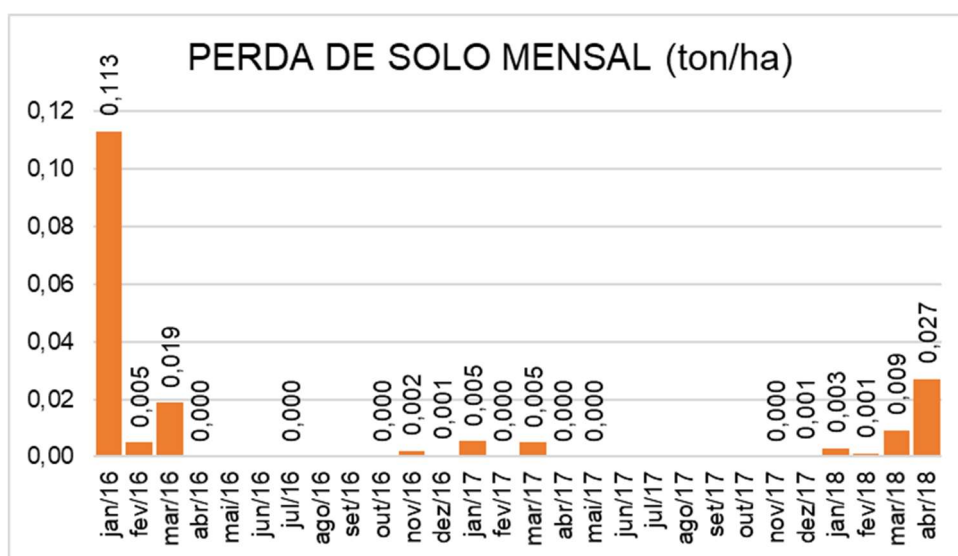


Fonte: Autoria Própria (2019).

7.1.2 Latossolo Floresta Ombrófila

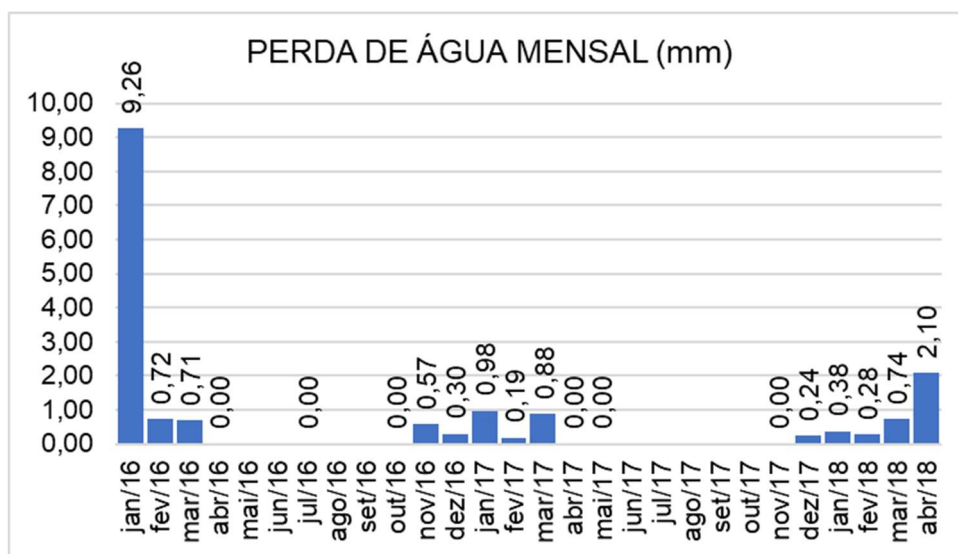
Como previsto, por estar em uma região de vegetação alta e densa (Latossolo Floresta – LF), o quantitativo de perda de solo foi menor que nas regiões citadas anteriormente. As maiores perdas, solo e água, foram verificadas no mês de janeiro de 2016: 0,113 ton/ha e 9,26mm, Figuras 26 e 27. A perda de solo nesta parcela pode ser classificada como “suave” de acordo com o Quadro 2.

Figura 26 – Perda de solo mensal por erosão hídrica em parcela LF.



Fonte: Autoria Própria (2019).

Figura 27 - Perda de água por erosão hídrica em parcela LF.

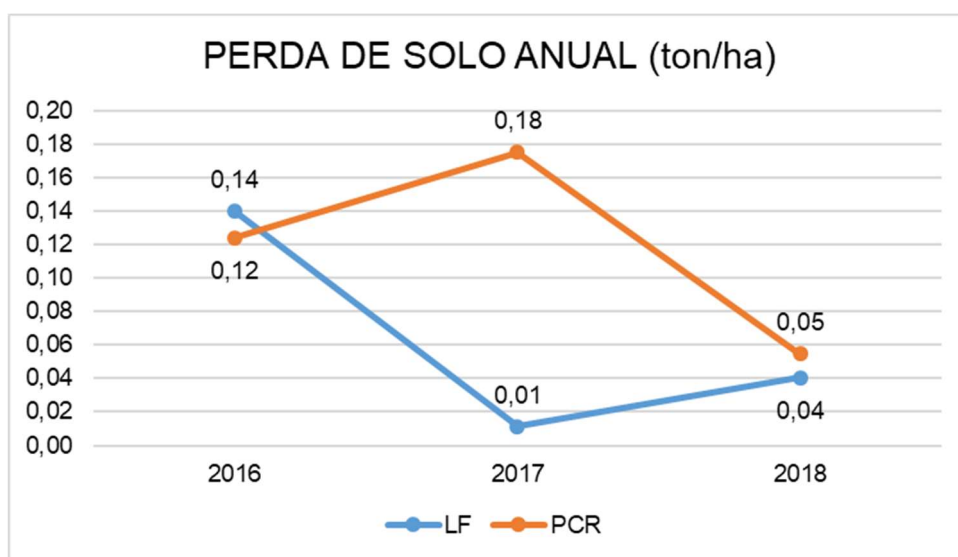


Fonte: Autoria Própria (2019).

Esta parcela foi comparada às parcelas em que também havia presença de cobertura vegetal citadas anteriormente.

A perda de solo em parcela de LF somente foi maior em 2016. Em 2017 as perdas de solo nas parcelas PCR foram maiores 1463% e 35% em 2018.

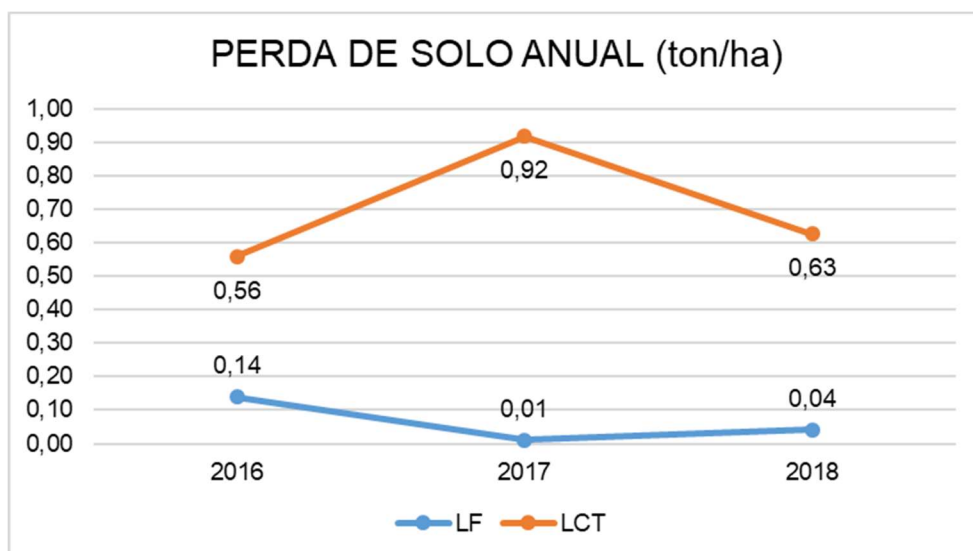
Figura 28 - Perda de solo anual das parcelas LF e PCR.



Fonte: Autoria Própria (2019).

Quando comparada à parcela LCT, LF teve menor perda de solo. As perdas de LCT foram maiores 299% e 8096% nos anos de 2016 e 2017, respectivamente.

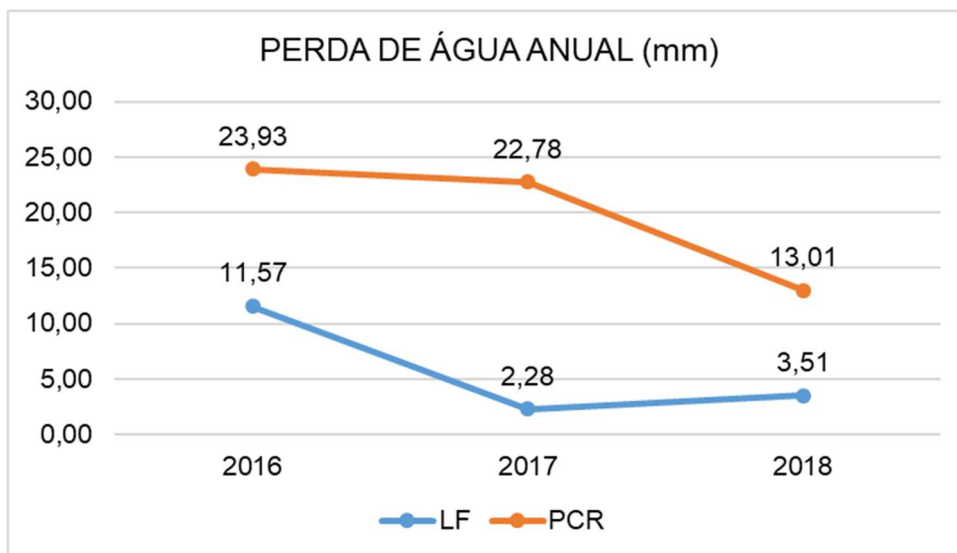
Figura 29 - Perda de solo anual das parcelas LF e LCT.



Fonte: Autoria Própria (2019).

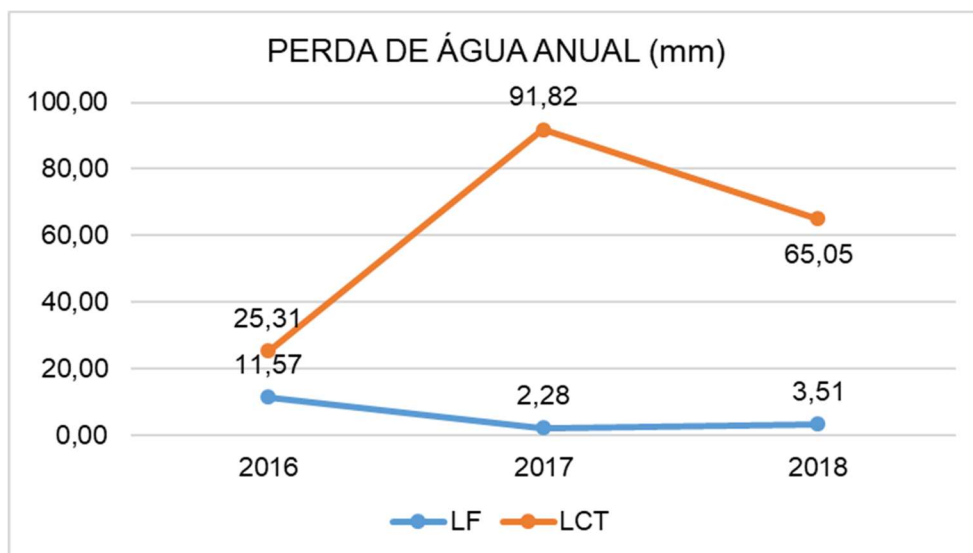
Entre 112 e 900% foi o aumento percentual de perda de água da parcela PCR se comparada a LF. À parcela LCT foi calculado um percentual entre 120 e 3929% superior de perda de água em relação à parcela LF.

Figura 30 - Perda de água anual das parcelas LF e PCR.



Fonte: Autoria Própria (2019).

Figura 31 - Perda de água anual das parcelas LF e LCT.



Fonte: Autoria Própria (2019).

Percebeu-se a grande variação percentual de perda de solo em solos sem cobertura vegetal. Entende-se que a capacidade erosiva da água é intensificada quando o solo não possui uma superfície protetora. Isso porque o impacto das gotas de chuva e o escoamento laminar da água não possuem obstáculos que possam

minimizar seus efeitos, e a capacidade de infiltração da água no solo também é diminuída, pois a velocidade do escoamento superficial é maior que a taxa de infiltração do solo.

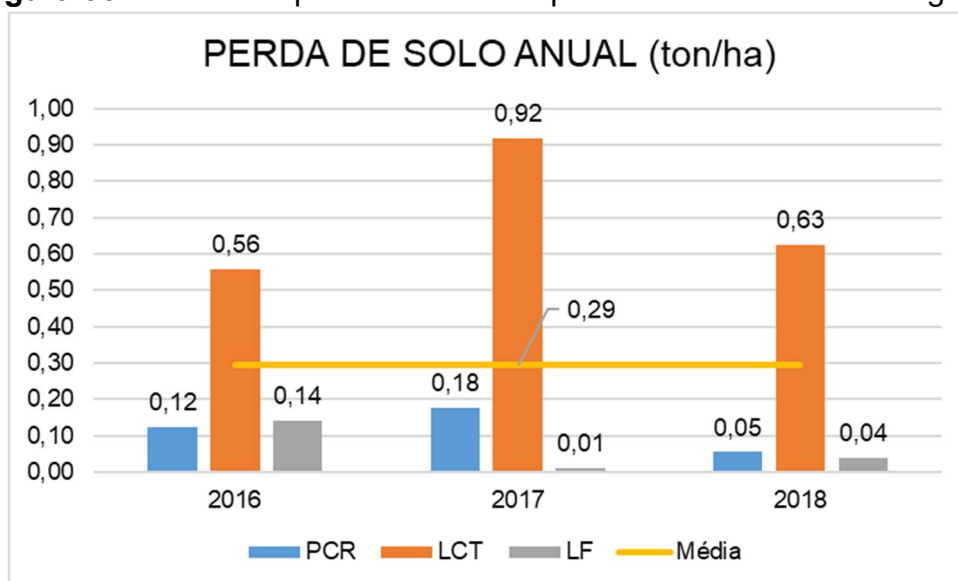
A variação perceptível de perda de solo entre solos com diferentes interfaces solo/vegetação pode ser devido às características intrínsecas de cada conjunto.

A seguir serão apresentados os valores mensais de perda de solo e água e os respectivos dados pluviométricos. Também as médias anuais comparando solos com cobertura vegetal e sem vegetação.

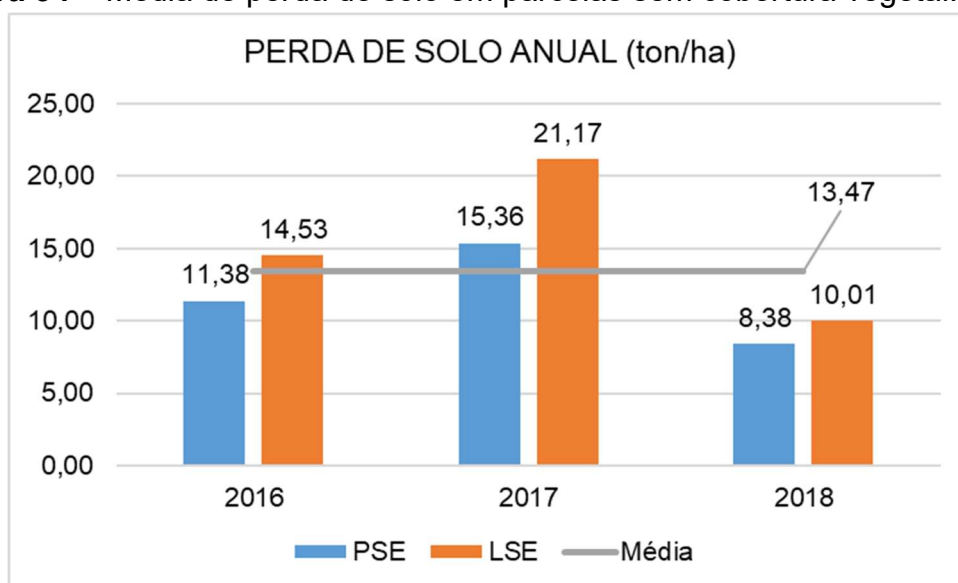
Figura 32 – Perdas de solo mensais e dados pluviométricos.

MÊS	PARCELAS DE PERDA DE SOLO (ton/ha)					PLUV. (mm)
	PCR	PSE	LCT	LSE	LF	Pluviômetro
jan/16	0,02	0,41	0,02	0,73	0,11	439,1
fev/16	0,00	0,04	0,01	0,19	0,01	38,1
mar/16	0,04	3,40	0,17	3,47	0,02	44,375
abr/16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,375
mai/16	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	0
jun/16	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	0
jul/16	0,05	0,27	0,02	0,46	0,00	72,5
ago/16	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	0
set/16	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	0
out/16	0,00	0,12	0,03	0,72	0,00	41,25
nov/16	0,01	0,81	0,08	3,77	0,00	130,625
dez/16	0,01	6,33	0,22	5,19	0,00	167,5
jan/17	0,02	7,28	0,14	8,15	0,01	272,5
fev/17	0,02	1,70	0,33	2,05	0,00	257,5
mar/17	0,10	4,28	0,32	7,32	0,01	291,25
abr/17	0,01	0,40	0,05	0,57	0,00	115
mai/17	0,00	0,01	0,01	0,13	0,00	20
jun/17	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	0
jul/17	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	0
ago/17	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	0
set/17	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	0
out/17	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	0
nov/17	0,01	0,10	0,01	0,33	0,00	35
dez/17	0,01	1,59	0,06	2,62	0,00	261,25
jan/18	0,01	2,09	0,09	3,83	0,00	201
fev/18	0,00	0,88	0,18	1,10	0,00	281,25
mar/18	0,00	2,85	0,19	2,71	0,01	281,25
abr/18	0,03	2,56	0,16	2,37	0,03	265

Fonte: Autoria Própria (2019). *s/c=sem coleta.

Figura 33 – Média de perda de solo em parcelas com cobertura vegetal.

Fonte: Autoria Própria (2019).

Figura 34 – Média de perda de solo em parcelas sem cobertura vegetal.

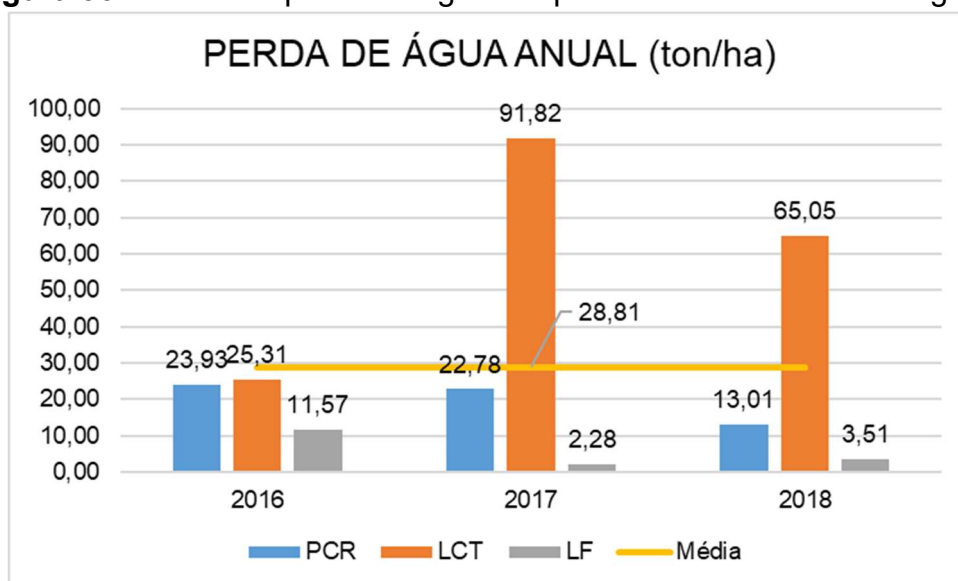
Fonte: Autoria Própria (2019).

A perda de solo em parcelas com cobertura vegetal gerou resultados médios de 0,29 ton/ha ano, já nas parcelas sem cobertura a média foi de 13,47 ton/ha ano. Figuras 33 e 34.

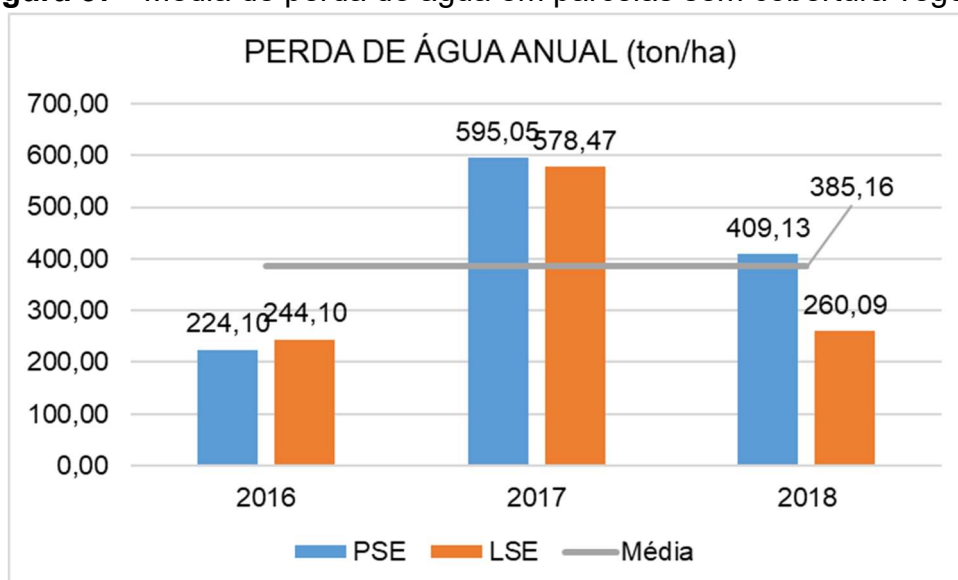
Figura 35 - Perdas de água mensais e dados pluviométricos.

MÊS	PARCELAS DE PERDA DE ÁGUA (mm)					PLUV. (mm)
	PCR	PSE	LCT	LSE	LF	Pluviômetro
jan/16	12,05	72,54	4,40	52,82	9,26	439,1
fev/16	0,39	2,12	1,11	3,61	0,72	38,1
mar/16	1,92	37,82	3,98	35,40	0,71	44,375
abr/16	0,00	0,00	0,14	0,22	0,00	11,375
mai/16	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	0
jun/16	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	0
jul/16	6,22	15,64	0,88	11,19	0,00	72,5
ago/16	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	0
set/16	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	0
out/16	0,57	8,60	2,45	16,98	0,00	41,25
nov/16	1,18	29,47	5,13	60,24	0,57	130,625
dez/16	1,60	57,91	7,21	63,64	0,30	167,5
jan/17	4,32	135,97	22,65	144,21	0,98	272,5
fev/17	3,97	120,11	17,88	91,52	0,19	257,5
mar/17	11,27	179,77	30,85	223,55	0,88	291,25
abr/17	0,84	27,85	4,41	23,48	0,00	115
mai/17	0,00	2,57	0,88	6,42	0,00	20
jun/17	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	0
jul/17	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	0
ago/17	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	0
set/17	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	0
out/17	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	s/ c	0
nov/17	0,46	2,48	2,11	8,19	0,00	35
dez/17	1,92	126,32	13,04	81,10	0,24	261,25
jan/18	2,78	104,87	17,34	89,77	0,38	201
fev/18	1,70	73,14	10,50	37,71	0,28	281,25
mar/18	3,96	123,90	20,82	80,12	0,74	281,25
abr/18	4,57	107,22	16,39	52,50	2,10	265

Fonte: Autoria Própria (2019). *s/c= sem coleta.

Figura 36 - Média de perda de água em parcelas com cobertura vegetal.

Fonte: Autoria Própria (2019).

Figura 37 - Média de perda de água em parcelas sem cobertura vegetal.

Fonte: Autoria Própria (2019).

A perda de água em parcelas com cobertura vegetal gerou resultados médios de 28,81mm/ano, já nas parcelas sem cobertura a média foi de 385,16mm/ano. Figuras 36 e 37.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As parcelas experimentais de perda de solo têm caráter importante de uso, pois além de serem usadas no monitoramento de dados, podem ser utilizadas na avaliação da implantação de novas técnicas. Os valores e análises referentes ao monitoramento de uma área relativamente pequena podem ser extrapolados para áreas maiores, reconsiderando que essas extrapolações nem sempre são totalmente confiáveis. Mesmo assim, o método de utilização de parcelas experimentais auxilia as análises referentes à dinâmica dos solos em relação ao processo erosivo.

No contexto da microbacia do Córrego Buritizal, a utilização de parcelas de erosão tem o intuito de salientar as características de solo e vegetação presentes no local. É perceptível a influência da cobertura vegetal visto que em média solos com cobertura vegetal é 98% menor do que sem cobertura. No caso da perda de água solos com vegetação perdem 93% menos se comparado a solos sem cobertura.

9 REFERÊNCIAS

ACADEMIA DE CIÊNCIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Glossário de Ecologia**. São Paulo. Aciesp, 1987.

AMORIM, R.S.S; SILVA, D.D da; PRUSKI, F.F.; MATOS, A.T. **Influência da declividade do solo e da energia cinética de chuvas simuladas no processo de erosão entre sulcos**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.5, n.1, p. 124-130, 2001.

AYRES, Quincy Claude. **La erosión del suelo y su control**. Barcelona: Ediciones Omega, 1960. 441p.

BASSO, L. **Estudo da erodibilidade de solos e rochas sedimentares de uma voçoroca na cidade de São Francisco de Assis - RS**. 2013. 140f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

BASTOS, C.A.B. **Estudo geotécnico sobre a erodibilidade de solos residuais não saturados**. 1999. 251f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999a.

BERTONI, J.; LOMBARDI, NETO. F. **Conservação do Solo**. Piracicaba, SP: Editora Livroceres, 1985. 392p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 3ª edição, Ícone Editora, São Paulo, 1993.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ícone, 1995. 355 p.

BRASIL. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha SC. 22 Tocantins. Geologia, Geomorfologia e Vegetação. Rio de Janeiro: DNPM, 1981. 520 p.

BRASIL. Lei no. 9.433. de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, Brasília, DF.**

CAMAPUM DE CARVALHO, J.; SALES, M. M.; MORTARI, D.; FÁZIO, J. A.; MOTTA, N. O.; FRANCISCO, R. A (2006). Processos erosivos. In: CAMAPUM DE CARVALHO, J.; SALES, M. M.; SOUZA, N. M.; MELO, M. T. S. (Org.). **Processos erosivos no centro-oeste brasileiro**. 1ª ed. Brasília: FINATEC, v 1, 39-91p

CASTRO FILHO, C. A experiência em microbacias no arenito Caiuá. In: PEREIRA, V. P.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. **Solos altamente susceptíveis a erosão**. Jaboticabal: Faculdade de ciências Agrônômicas de Jaboticabal, Sociedade Brasileira de Solos, 1994. Cap. 12, p. 56-78.

COELHO NETO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro – RJ: Editora Bertrand Brasil, 1994.

DOMINGOS, J. L.; SANTOS, A. R. **Estimativa da Perda de Solo por Erosão Hídrica em uma Bacia Hidrográfica**. 2006. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Universidade Federal do Espírito Santo.

DOURADO, T. M. F. A.; GIRALDIN, O. **Pólo ecoturístico de Taquaruçu (TO): uma proposta de modernidade**. Caderno Virtual de Turismo, 2006.

FENDRICH, R. et al. **Drenagem e controle da erosão urbana**. 3. ed. São Paulo: IBRASA. Curitiba: Ed. Universitária Champagnat, 1991. 442 p.

FRANCESCHETTE, E.C.; NAVARINI, L.L.; KLEIN, C. **Propriedades físicas de um Plintossolo Concrecionário submetido a distintos manejos**. XXII Mostra de Iniciação Científica, UFP, 2013

GALETI, P.A. **Práticas de controle à erosão**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985. 278 p.

GUERRA, A.J.T.; MENDONÇA, J.K.S. Erosão dos solos e a questão ambiental. In: VITTE, A.C.; GUERRA, A.J.T. (Org.). **Reflexões sobre a geografia física do Brasil**. São Paulo: Bertrand Brasil, 2004.

JORGE, R.F.; ALMEIDA, C.X.; BORGES, E.N.; PASSOS, R.R.. **Distribuição de poros e densidade de latossolos submetidos a diferentes sistemas de uso e manejo**. Uberlândia, v. 28, Supplement 1, p. 159-169, Mar. 2012.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. **Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solos em Campinas, SP**. Bragantia, Campinas, v.51, n.2, p.189-196,1992.

LOPES, P.C.R. & BRITO, L.T.L. **Erosividade da chuva no Médio São Francisco**. R.Bras. Ci. Solo, 17:129-133, 1993.

MILAGRES, V. R.; SOUZA, E. M.; SOUZA, L. B. **Percepção Ambiental no Distrito de Taquaruçu, Município de Palmas (TO): a relação dos moradores com as transformações da paisagem ao longo da história local**. Caderno Virtual de Turismo, 2010.

PINESE JÚNIOR, J. F.; CRUZ, L. M.; RODRIGUES, S. C. **Monitoramento de erosão laminar em diferentes usos da terra, Uberlândia – MG**. Sociedade & Natureza, Uberlândia, 20 (2): 157-175, DEZ. 2008.

RANZANI, G. **Solos e aptidão agrícola das terras do município de Palmas – Tocantins**. Palmas: UNITINS, 2002. 85p.

RODRIGUES, J. E. **Estudo de fenômenos erosivos acelerados: boçorocas**. 1982. 162f. Tese de Doutorado em Engenharia Civil apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 1982.

SANT'ANA, K.D.A. **Zoneamento Ambiental De Área Utilizada Para Treinamentos Militares: Campo De Instrução De Santa Maria (CISM)**. Dissertação de Mestrado. Santa Maria, RS, Brasil.2012

SANTOS, L.F. **Cartografia Geotécnica Regional do Município de Palmas/ TO: área a oeste do meridiano 48 W**. 2000. 159 p. Dissertação (Mestrado Geotecnia Ambiental) - Universidade de Brasília (UNB), Brasília.

SALOMÃO, F. X. T.; ANTUNES, F. S. Solos. In: **Geologia de Engenharia**. 1º ed. São Paulo – SP. ABGE, 1998.

SALOMÃO, F. X. T.; IWASA, O. Y. **Erosão e a ocupação rural e urbana**. In: BITAR, O.Y.(Org) Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente. São Paulo: ABGE/IPT,1995, p. 31.

SEPLAN. Secretaria do Planejamento e Meio Ambiente, Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico – DZEE. **Diagnóstico do Risco de Erosão e Perda de Solos – Norte do Estado do Tocantins**. Palmas: SEPLAN, 2006.

SILVA, M. A. R.. Economia dos recursos naturais. In: **Economia do meio ambiente: Teoria e prática**. Rio de Janeiro: Editora Campos, 2003.

STEIN, D. P. **Diagnóstico de Erosão**. IV Simpósio Nacional de Controle de erosão. Bauru. SP. 1995.

TOCANTINS. **ATLAS DO TOCANTINS: Subsídios ao Planejamento da Gestão Territorial**. Secretaria do Planejamento e Meio Ambiente - SEPLAN, Diretoria de Zoneamento Ecológico- Econômico – DZEE. 3º ed. rev., atu. Palmas: SEPLAN, 2003.

TOCANTINS. Secretaria do Meio Ambiente e Planejamento do Tocantins. **Plano das bacias Hidrográficas do Entorno de Palmas – TO**. Palmas: SEPLAN-DMA, 2004.

UNITINS. **Plano de Manejo da bacia do Rio Taquaruçu – TO (S.O.S Taquaruçu) – Relatório Técnico Final.** Palmas: UNITINS. 1999.

VILLELA, S.M. e MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada.** 1ª edição, Editora McGraw Hill do Brasil, São Paulo, 1975.

WATSON, D.A. & LAFLIN, J.M. **Soil strength, slope, and rainfall intensity effects on interrill erosion.** Trans. Am. Soc. Agric. Eng., 29:98-102, 1986

ZACHAR, D. **Soil erosion:** Developments in soil science. New York: Elsevier Scientific, 1982. 547p.