UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
DOUTORADO EM GEOGRAFIA

João Anésio Bednarz

Ponta Grossa
2018

João Anésio Bednarz

AÇÃO ZOOGEOMORFOLÓGICA DOS SUÍNOS: FORMAS E PROCESSOS SUPERFICIAIS EM ÁREAS DE PASTOREIO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, curso de Doutorado em Geografia da Universidade Estadual de Ponta Grossa, para obtenção do título de Doutor em Geografia.
Orientador: Edivaldo Lopes Thomaz

Ponta Grossa
2018

Bednarz, João Anésio
B412 Ação zoogeomorfológica dos suínos: formas e processos superficiais em áreas de pastoreio/ João Anésio Bednarz. Ponta Grossa, 2018.
86 f.; il.

Tese (Doutorado em Geografia – Área de concentração – Geografia), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Edivaldo Lopes Thomaz

1. Bioerosão. 2. Sistema faxinal. 3. Impacto dos Suinos - solos. I. Thomaz, Edivaldo Lopes.. II. Universidade Estadual de Ponta Grossa – Doutorado em Geografia. III. T.

CDD : 910.162

Ficha catalográfica elaborada por Maria Luzia F. Bertholino dos Santos– CRB9/986

TERMO DE APROVAÇÃO

JOÃO ANÉSIO BEDNARZ

"AÇÃO ZOOGEOMORFOLÓGICA DOS SUÍNOS: FORMAS E PROCESSOS SUPERFICIAIS EM ÁREAS DE PASTOREIO"

Tese aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor no Curso de Pós-Graduação em Geografia, Setor de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Profª Drª Edivaldo Lopes Thomaz/Orientador
UEPG

Profª Drª Leandro Redin Vestena
UNICENTRO

Profª Drª Maria Ligia Cassol Pinto
UEPG

Profª Drª Denise Maria Galvão Leite
IAPAR

Profª Drª Kelly Geronazzo Martins
UFPR

Ponta Grossa, 24 de Agosto de 2018

Dedico este trabalho aos mestres Aparecido, Edivaldo e Valdemir pelos ensinamentos e credibilidade em mim depositadas.

E ao meu filho João Francisco...

A**gradecimentos**

A **Deus**, por guiar, iluminar e, dar-me tranquilidade para seguir em frente com os meus objetivos e não desanimar com as dificuldades.

Ao professor e orientador **Edivaldo Lopes Thomaz**, agradeço por todos os ensinamentos repassados durante esta trajetória, pela dedicação, paciência, compreensão e conselhos dos quais serei grato pelo resto de minha vida.

Aos **Professores e Funcionários** do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Aos professores **Aparecido Ribeiro de Andrade** e **Valdemir Antoneli** pela amizade, incitações e ensinamentos os quais deram suporte para o prosseguimento de minha vida acadêmica e profissional, serei eternamente grato.

Aos meus pais **Nelson** e **Olinda** pelas orações.

A minha esposa **Fran,** pela compreensão, amor, carinho, cuidado, e acima de tudo pelas palavras de apoio nos momentos mais difíceis desta caminhada.

Ao colega **Marcelo Barreto,** pelas palavras e incentivo nos momentos de apreensão.

A todo o corpo docente do departamento de Geografia de Irati, meu muito obrigado pelo apoio.

Ao colega **Adalberto Alves Pereira**, pelas instigações e conselhos prestados.

Aos Faxinalenses **Pedro e Melet** pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho.

A **Jéssica Borodiak** e **Juliane Bereze** pelo auxílio na coleta de dados.

Enfim a todos que contribuíram de alguma maneira no desenvolvimento deste trabalho.

O conhecimento científico não é atraente por ter todas as respostas, mas sim por querer decifrar um conjunto cada vez maior de perguntas.

Lázaro de Souza Gomes

Resumo

Os animais desempenham funções no ecossistema, incluindo modificações no ambiente como dispersão de espécies, extinção de outras e alterações na superfície do solo denominadas como bioturbações. Este trabalho objetivou analisar os suínos como agentes zoogeomofológicos influenciadores das formas e processos superficiais em área de pastoreio, dentro do criadouro comum em Sistema de Faxinal. Os faxinais são áreas ocupadas por povos tradicionais cuja formação social é distinguida e caracterizada pelo modo de organização socioespacial, com uso comum da terra e dos recursos florestais, acessível na forma do chamado criadouro comunitário. Esta forma de organização mantém hábitos culturais como: a criação extensiva de animais soltos, com destaque para a criação de suínos. A criação e comportamento dos suínos sem planejamento ou manejo promovem degradações ambientais relacionadas aos recursos hídricos e aos solos. O ato de revolverem grandes quantidades de materiais para exumar raízes e encontrar comida provoca perturbações nos solos modificando o regime hidroerosivo. Neste sentido este trabalho monitorou a conduta dos suínos bem como a dinâmica bioerosiva dos solos do criador comunitário do Faxinal Paraná Anta Gorda, no Município de Prudentópolis/Pr. Os porcos percorreram em média 5.700 metros dentro do criadouro comum transitando por áreas de floresta e pastagens, em busca de alimentos disponíveis neste perímetro. As condições físicas das áreas condicionaram a dinâmica das bioturbações, assim como as taxas de remoção de solos. Nas áreas de maior permanência dos suínos foi encontrada média de erosão de 56 kg/m²/ ano, nos locais utilizados para chafurdamento a média de remoção foi de 130 kg/m²/ano. As áreas com bioturbações pontuais na pastagem tiveram perdas de 10,7 enquanto que a floresta 2,2 kg/m²/ano. Neste sentido os suínos devem ser considerados como uns dos principais agentes bioerosivos em área de faxinais, sendo responsáveis pela degradação do solo. O aumento das áreas de pastagem e do número de suínos, aliados a redução do ambiente com cobertura florestal e do criadouro comunitário podem ampliar os níveis de degradação, resultando na insustentabilidade ambiental deste sistema.

Palavras Chaves: Bioerosão, Sistema Faxinal, Impacto dos suínos nos solos;

Abstract

The animals develop functions on the ecosystems, including modifications on the environment, such as dispersion and extinction of species, and modifications on the surface of the soil, known as bioturbations. This work aims to analyze the swine as zoogeomorfological inflator agents on paestore area`s forms and process, inside of a "criadouro comum" from the Faxinal System. The faxinais are areas occupied by the traditional people, in which the social formation is distinguished and characterized by it`s socioespatial organization, gathering common use of the land and the forestall resources. This form of organization maintains cultural habits, such as extensive creation of spread animals, featured by the swine creation. The creation and behavior of the swine without planning or management causes environmental degradation on relation to hydric resources and soil. The act of revolving a large amount of materials to exhume roots and find food provokes disturbances on the soil, which modifies the hydroerosive regime. On this sense, this work monitored the swine conduct as well as the bioerosive dynamic of the soil of a "criadouro comum" of the Faxinal Paraná Anta Gorda in the city of Prudentópolis Pr. The porks ran an average of 5.700 meters inside of the "criadouro comum", going trough forest and pasture areas on the search for the food available on these areas. The physical conditions of these areas conditioned the dynamic of the bioturbations, as well as the soil removal rates. On the more swine permanence areas, there were encountered rates of erosion of 56 kg/m²/year. On the places utilized for wallow, the rate of removal was of 130 kg/year. The areas with punctual bioturbation on the pasture, had losses of 10.7, while the forest areas had losses of 2.2 kg/ m²/year. On this sense, the swine must be considered as one of the most bioerosive agents on a faxinal area, being responsible for soil degradation. The increase, of the pasture areas and the number of swines, attached to "criadouro comunitário" and covered forestall environmental reduction may enlarge the degradation rates, resulting on the environmental unsustainability of this system.

Key-words: Bioerosion, Faxinal System, impacts of de swines on the soil.

Lista de Figuras

Figura 1: Ilustração da organização do Sistema de Faxinal 21
Figura 2: Processo de insustentabilidade e degradação no Sistema Faxinal 22
Figura 3:Diagrama, Impactos Biológicos em Sistemas Geomorfológicos: 28
Figura 4: Localização da área de estudo 34
Figura 5: Média mensal da precipitação (mm) em Prudentópolis, 1988 a 2016. 37
Figura 6:Organograma do desenvolvimento das atividades 38
Figura 7: Rastreadores acoplados aos suínos 39
Figura 8: Avaliação de local bioturbados pelos suínos. 40
Figura 9: Simulação em áreas de pastagem aberta sem bioturbação. 47
Figura 10: Parcelas após a simulação em pastagem bioturbadas pelos suínos. 47
Figura 11: Simulação em Pastagem com cobertura Florestal sem bioturbação. 48
Figura 12: Simulação em Pastagem bioturbada com cobertura florestal. 48
Figura 13: Simulação em área bioturbadas inativas. 49
Figura 14: Variáveis Físicas do solo. A) resistência; B) densidade; C) Porosidade; D) Umidade. 53
Figura 15: Redução do trajeto médio diário dos Suínos em relação às estações do ano 57
Figura 16: Relação do tempo gasto em cada ambiente e as atividades dos suínos. 58
Figura 17:Espacialização e características de locais perturbados pelos suínos. 61
Figura 18: distribuição de classes de materiais 64
Figura 19: Evolução temporal da modificação da superfície do solo pelos suínos. 67
Figura 20: Suínos chafurdando em locais bioturbados com concentração de água e lama. 69
Figura 21: Espacialização das remoções de solo ocasionadas pelos suínos. 1A, 2B, 3C, 4D, condição final da avaliação de rebaixamento de superficie em áreas de pressão constante com locais de chafurdamento. 5E local avaliado sem áreas de chafurdamento e com presença de vegetação (controle). 70
Figura 22: Dinâmica do escoamento em diferentes ambientes bioturbados e não bioturbados. A) bioturbação ativa; B) bioturbação inativa; C) bioturbação inexistente (controle). 72
Figura 23: Dinâmica do sedimento em diferentes ambientes bioturbados e não bioturbados. A) bioturbação ativa; B) bioturbação inativa; C) bioturbação inexistente (controle). 73

Lista de Tabelas

Tabela 1: Remoção de solos por diferentes espécies.....32
Tabela 2:Características das simulações nas diferentes áreas do criadouro comum. 46
Tabela 3: Coeficientes de determinação do modelo linear generalizado misto para a variável resposta trajeto em função da predatória estações do ano 56
Tabela 4: Análise de variância do modelo linear generalizado misto para a variável resposta tempo gasto em função dos fatores estações do ano, ambientes e atividade.....57
Tabela 5:Dinâmica das bioturbações.....62
Tabela 6: Classificação das bioturbações avaliadas 63
Tabela 7:Rebaixamento da superfície do solo.....65

SUMÁRIO

Introdução **12**

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA **16**

1.1. Sistema Silvipastoril 16

1.2. Caracterização do Sistema Faxinal 18

1.3. Meio Biofísico do Sistema Faxinal 22

1.4. Bioturbação 24

1.5. Biogeomorfologia: Definições, conceitos e implicações. 25

2. ÁREA DE ESTUDO, LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS **34**

2.1. Aspectos Geomorfopedológicos 35

2.2. Aspectos hidrológicos e florestais 36

3. MATERIAL E MÉTODOS **38**

3.1. Monitoramento dos Suínos 39

3.2. Caracterização das bioturbações ativas em área de pastagem e floresta 40

3.3. Avaliação das perdas de solo e mobilidade das bioturbações em locais de bioturbação 41

3.4. Densidade aparente do solo 42

3.5. Umidade do solo 42

3.6. Resistência do solo 43

3.7. Porosidade do solo 44

3.8. Avaliação das classes granulométricas do material desagregado no dentro das bioturbações 44

3.9. Biomassa e densidade de raízes 44

3.10. Avaliação hidroerosiva de áreas bioturbadas por meio de simulação de chuva 45

3.11. Análise Estatística 49

3.11.1. Análise de dados para o tempo e atividade praticada pelos suínos; 49

3.11.2. Análise de dados para o trajeto dos suínos 50

3.11.3. Dados de simulação de chuva 50

3.11.4. Variáveis Biofísicas e espacialização dos dados 51

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES **52**

4.1. Características físicas do solo em áreas de pastagem e floresta 52

4.2. Monitoramento do movimento dos suínos no interior do criadouro 55

4.3. Espacialização e características das áreas bioturbadas 60

4.4. Caracterização das bioturbações nos ambientes de floresta e pastagem 62

4.5. Perdas de solo em ambientes com bioturbação intensa: mensuração volumétrica 64
4.6. Produção de microrelevos ocasionadas pelos suínos 66
4.7. Dinâmica hidroerosiva em áreas bioturbadas: simulação de chuva 71
4.7.1. Dinâmica do escoamento superficial 71
4.7.2. Dinâmica da perda de solos 73
5. CONCLUSÕES 74
6. REFERENCIAL 76

Introdução

Ao longo da história os animais eram vistos apenas como fonte de alimento e, posteriormente, como força de trabalho. É recente a visão da importância das espécies no contexto ambiental. Os animais desempenham funções nos ecossistemas, incluindo modificações no ambiente como: dispersão de espécies, extinção de outras e alterações na superfície do solo.

O hábito de alguns animais acaba criando e modificando a superfície terrestre, podendo ser considerados como agentes geomórficos, quando se trata de fatores que moldam ou provocam mudanças na paisagem, em diversos níveis de escala (Elkins et al. 1986; Butler, 1992).

O impacto geomórfico dos animais foram reconhecidos e observados por pesquisadores das ciências naturais como Darwin (1881) e William Morris Davis (1928). Esses impactos ocorrem com a interferência dos animais que podem criar destruir ou modificar formas de relevo, alterar quadros de vegetação, re/mover sedimentos proporcionando bioturbações dinâmicas e com dimensões variadas.

A bioturbação é utilizada para descrever como os organismos vivos afetam o substrato que utilizam ou vivem. Sendo caracterizada como processos de remoção de sedimentos que resultam da atividade da fauna através da movimentação e/ou construção de habitats, tocas ou galerias que acabam modificando o contexto morfológico de superfície.

Nos últimos quinze anos houve um crescente reconhecimento da importância dos organismos na formação e transformação das paisagens, configurando o objeto de estudo da biogeomorfologia. Este ramo da ciência trata como os processos articulados por espécies modificam o ambiente abiótico por meio de suas atividades ou estruturas.

A ação geomórfica ocasionada pelos animais pode ser observada em várias escalas, tanto temporal como espacial, neste sentido a busca pelo entendimento dos processos resultantes da ação de diferentes espécies, tem sido objeto de investigação por parte de alguns geomorfológos, principalmente aqueles vinculados ao ramo da biogeomorfologia.

Mesmo com a evolução da biogeomorfologia nos últimos anos as inter-relações e impactos ocasionados por animais nos ecossistemas, ainda é pouco discutida e avaliada no contexto de pesquisa e literatura. Este ramo de abordagem foi por muito tempo negligenciado pela geografia, em especial pela geografia física, sendo mais vinculada as áreas da biologia e ecologia.

Na década de 1990, David Butler definiu o conceito de zoogeomorfologia, o qual passou a ser uma área vinculada a biogeomorfologia, que busca explicar, quantificar e avaliar a interação e os efeitos geomorfológicos dos animais, ou seja, como as atividades e os impactos dos animais podem ser presenciados em níveis de paisagem ao longo do tempo.

Os processos zoogeomórficos são observados em diversas partes do planeta, e está condicionado a interação entre o tipo de ambiente e suas características com o comportamento, frequência e densidade das espécies. Promovendo alterações e processos de forma direta, através das escavações, chafurdação, trilhas, barragens, mudança de rugosidades da superfície e túneis, ou indireta, como remobilização de serrapilheira, perturbação da vegetação, preparo de material para remoção e produção de microrelevos.

As perturbações podem ser ocasionadas por animais de pequeno, médio e grande porte, a exemplo das construções de tocas por ratos, esquilos, pássaros, (Alkon, 1999, Eriksson 2011, Butler 2015), áreas de chafurdamento e revolvimento de solos por suínos selvagens, porcos-espinhos, cães da pradaria, (Knapp et al. 1998; Hancock e Dever 2017) e a ação de espécies de maior porte físico, como o impactos das trilhas do gado (Trimble e Mendel 1995, Dias e Thomaz 2011, Antonelli et al. 2013), escavações e criação de depressões superficiais por ursos e elefantes (BUTLER 1992, ENGVALL, 2014).

Observa-se que a ampliação dos trabalhos que configuram a ação da fauna no ambiente se destaca na abordagem de animais selvagens, com a exceção do gado. Neste sentido nota-se a carência de trabalhos que abordem os processos geomórficos ocasionados por animais domésticos.

Frente a escassez, este trabalho analisa o impacto da modificação e criação de microrelevos, bem como a dinâmica de áreas bioturbadas, por suínos domésticos, tendo como área de estudo o criadouro comum de um Sistema Faxinal.

Os faxinais são áreas ocupadas por povos tradicionais cuja formação social é distinguida e caracterizada pelo modo de organização socioespacial, com uso comum da terra e dos recursos florestais, acessível na forma do chamado criadouro comunitário. Esta forma de organização mantém hábitos culturais como: a criação extensiva de animais a solta, com destaque para a criação de suínos.

Segundo Marques (2004), no Estado do Paraná existem cerca de 40 faxinais que mantêm o criadouro comunitário, no qual todos os moradores podem manter ou criar animais. Neste sistema silvipastoril, o suíno destaca-se por ser uma espécie de fácil adaptação, manejo e rentabilidade o qual é criado dentro das áreas de criadouro comum. Neste contexto, os

porcos são soltos durante o dia e percorrem toda extensão do criadouro (276 ha), geralmente em busca de alimentos, e ao final do dia são recolhidos nas pocilgas.

A criação dos suínos dentro dos criadouros comunitários é realizada sem nenhuma forma de planejamento ou manejo, a mesma promove degradação relacionada aos recursos ambientais como cursos hídricos e solos. A principal forma de degradação realizada pelos suínos está no hábito de revolver o solo para exumar raízes, forragens e invertebrados (Hone, 1988). Além de criar e modificar microrrelevos através do chafurdamento, prática utilizada para eliminação de parasitas e manutenção da temperatura corporal.

Os suínos criados ao ar livre no criadouro comunitário têm por objetivo diminuir custos em relação à alimentação e por ser um animal onívoro, os porcos tem uma dieta variável, não necessitando de grandes quantidades de suplementação alimentar, fornecida pelos faxinalenses.

No criadouro comum existem áreas de pastagem e de floresta, as quais durante todo o ano dispõem de variedades e quantidades de alimentos para os porcos. Estas variedades e quantidades estão relacionadas as condições físicas dos locais, bem como variáveis externas como regime climático.

Neste sentido, este trabalho teve como objetivo geral avaliar os suínos como agentes zoogeomofológicos influenciadores das formas e processos superficiais em área de pastoreio.

E para dar suporte a tal objetivo, três objetivos específicos foram propostos:

1. Avaliar a sazonalidade climática influência na movimentação dos suínos criados no Sistema Faxinal;
2. Avaliar as condições biofísicas do solo nos ambientes de pastagem e floresta que afetam a ação zoogeomórfica dos suínos;
3. Caracterizar e quantificar as perdas de solos nas áreas bioturbadas;

O trabalho está dividido em cinco capítulos, o primeiro dedicado a abordagem teórica, explanando sobre a organização do sistema silvipastoril seu uso no mundo e principalmente no Brasil, com enfoque em suas funcionalidades, de modo a caracterizar o Sistema Faxinal, abordando a gênese e classificação, assim como, as características do meio biofísico. Conceituando a terminologia bioturbação suas implicações, o contexto histórico da criação da biogeomorfologia e suas subáreas de suporte, como a zoogeomorfologia, destacando o papel dos animais como engenheiros do ecossistema, e a descrição prévia dos impactos ocasionados pelos suínos no ambiente.

O segundo capítulo, contempla a localização e descrição do local de estudo, no município de Prudentópolis, mais especificamente na comunidade rural Linha Paraná Anta

Gorda. A escolha deste local ocorreu pela dinâmica representativa dos demais faxinais existentes na região, assim como, a facilidade de relacionamento com alguns faxinalenses.

Já o terceiro capítulo apresenta os materiais e métodos utilizados, os quais deram suporte para encontrar resultados referentes às características biofísicas dos ambientes de pastagem e floresta, assim como o comportamento dos suínos, dinâmica e evolução espacial das áreas bioturbadas, a relação hidroerosiva em locais bioturbados e não bioturbados apresentados na quarta etapa.

O quarto capítulo, são descritos os resultados e as discussões deste trabalho, referente as variáveis biofísicas do solo do criadouro comunitário do Faxinal, do comportamento dos suínos e dos impactos que estas promovem através de seus hábitos na superfície do solo.

No quinto e último capítulo, são apresentadas as conclusões obtidas a partir do desenvolvimento deste trabalho.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1. Sistema Silvipastoril

Com o desenvolvimento econômico e a expansão das fronteiras agrícolas e urbanas, a cobertura florestal vem sofrendo modificações. Um dos maiores problemas mundiais está relacionado com o desmatamento das florestas naturais, um exemplo disso, são os registros nas regiões da América Latina, Caribe, juntamente com a África, essas regiões obtiveram as maiores taxas de desmatamento até 2015.

Entre os anos de 1990 a 2015, cerca de 74 milhões de hectares de florestas foram desmatados na América Latina e Caribe, ou seja, cerca de 60% do total das áreas originais de cobertura florestal. Já o Brasil, o principal motivo do desmatamento é a conversão das áreas florestadas para a produção agropecuária e consequentemente a formação de pastagens para a criação do gado (FAO, 2017).

Segundo Martinelli et al. (2010), 30% da extensão de terras no Brasil são agricultáveis, aproximadamente 264 milhões de hectares, dessas, 75% são formadas por pastagens, a grande parte está localizada nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do país conforme os dados do Censo Agropecuário.

Na década de 90 a região Sul apresentava um total de 45,4 milhões de hectares de áreas agricultáveis, 45% dessas áreas eram destinadas às pastagens nativas ou cultivadas (SCHREINER, 1994). Estudos recentes de Carvalho et al. (2003), Dias Filho et al. (2007) apontam que a maior parte das áreas destinadas a pastagem estariam em degradação ou degradadas.

A degradação das pastagens está relacionada diretamente a criação extensiva de animais que vem causando problemas ambientais tais como: compactação do solo (FRAGA e SALCEDO, 2004; DEXTER, 2002; CUNHA et al. 2008), mudança nos atributos físicos do solo (SERRÃO e HOMMA, 1991; TORMENA et. al. 2002; SANTOS et. al. 2010), redução da vegetação (DIAS FILHO, 2007), infiltração de água (BERTOL et. al. 1998; ANTONELI e THOMAZ 2009), contaminação dos recursos hídricos (BERTOLL, 2007), dentre outros.

Devido o acelerado crescimento populacional, e maior demanda de produtos, principalmente oriundos da criação de animais consequentemente, maiores áreas acabam sendo desmatadas dando lugar às pastagens. Buscando controlar tais danos causados pela

prática de criação animal, a implantação de sistemas sustentáveis de uso da terra e de cultivos agrícolas tem sido uma alternativa para prevenir a degradação do solo.

A combinação de árvores, pastagens e criação animal em um único espaço físico e temporal, caracteriza o sistema Silvipastoril. Essa prática possibilita a produção intensificada dos recursos diminuindo os possíveis danos e auxiliando na conservação. Sendo caracterizado como uma alternativa ambientalmente sustentável, a implantação desse sistema agrega vários benefícios para os produtores rurais.

Os sistemas agroflorestais e Silvipastoris são recomendados como uma alternativa para a recuperação de áreas degradadas agregando a produção animal e vegetal como fonte de renda e a conservação ambiental (CHARÁ; MURGHEITIO 2005, PACIULLO et al. 2007; ANDRADE et al. 2008).

As árvores propiciam tanto questões econômicas quanto ambientais, pois além de produzir frutos para comercialização, as mesmas produzem alimento para os animais. A extração da madeira é outra fonte de renda para os produtores. Além disso, fornecem sombra e abrigo para os animais, servem como forragem do solo e combatem a erosão e degradação do mesmo, contribuindo para a preservação dos recursos hídricos e da biodiversidade (EICHHORN et al. 2006; DIAS FILHO E FERREIRA, 2008; PORFÍRIO-DA-SILVA, 2015).

Essa prática embora tenha ganhado maior destaque nos últimos anos, já apresentava registros de aplicabilidade na Idade do Cobre (2500 A.C.) segundo Stevenson e Harrison (1992) apud (Eichhorn et al. 2006) na Europa. O sistema Silvipastoril nessa região é conhecido por sebes e quebra-ventos (HERZOG, 1998). Especificamente em Portugal este sistema é caracterizado como Montados, sendo a agricultura sustentável a nova oportunidade de geração de renda.

Portugal possui mais de um milhão de hectares (28% da Superfície Agrícola Utilizada - SAU) de sistemas agroflorestais, 31% sendo sistemas silviaráveis (terra arável subcoberta de espécies arbóreas) e 69% sistemas silvipastoris (pastagens permanentes subcoberta de espécies arbóreas) (CASTRO, 2009).

Já na Espanha o sistema Silvipastoril se assemelha as Dehesa. No início da agricultura, a prática envolvia um sistema de cultura alternada, com uso agrícola e florestal. A manutenção da fertilidade do solo era baseada numa conectividade estreita entre a agricultura, a criação de animais e a silvicultura que permitia modelos mais estáveis de agricultura, alguns dos quais ainda se mantêm. Sendo visível a contribuição dessa prática para questões ambientais, a preocupação é pela manutenção desse sistema, visto que as ações humanas e

econômicas acabam ameaçando o futuro das Dehesas (JOFFRE et al. 1999; ANTONELI et al. 2018).

No Sul do Brasil, o sistema Silvipastoril também é conhecido como Faxinal. Sendo uma forma de organização camponesa baseada na agricultura familiar e no uso coletivo dos recursos e mão-de-obra em atividades Silvipastoril, o sistema de faxinal existia originalmente nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Com exceção do Paraná, a probabilidade de permanência dos faxinais é bastante remota nos outros dois estados, devido ao seu adiantado grau de intensificação e tecnificação da produção agropecuária (CHANG, 1986).

No Paraná as primeiras pesquisas abordando o sistema Silvipastoril foi na década de 1980. Com vegetação de Floresta Ombrófila Mista, os animais eram soltos em plantios florestais convencionais, com o intuito de melhorar o fluxo de caixa nos primeiros anos do cultivo florestal, além de controlar o desenvolvimento de plantas indesejáveis no sub-bosque (BAGGIO E SCHREINER, 1988; PORFÍRIO-DA-SILVA, 2015).

Neste sentido, Silva (2005), considera os faxinais da região centro-sul do Paraná um sistema Silvipastoril capaz de conciliar rentabilidade econômica, respeito aos usos e costumes, fortalecimento das relações sociais e a melhoria do meio ambiente, resultando em uma manifestação concreta do conceito de desenvolvimento sustentável.

1.2. Caracterização do Sistema Faxinal

Os faxinais são áreas ocupadas por povos tradicionais cuja formação social é distinguida e caracterizada pelo modo de organização socioespacial, com uso comum da terra e dos recursos florestais, acessível na forma do chamado criadouro comunitário.

Domingues (1999) caracteriza o sistema de faxinal como sendo um “sistema agrossilvipastoril secular, com características singulares de uso da terra”. Para Chang (1988), o “Faxinal” significa mato grosso; mato mais denso, quando comparado com as matas ralas ou os campos, que era a referência da população vinda do campo.

A origem deste sistema pode estar atrelada a grandes fazendas que se baseavam na criação de animais à solta com uma subdivisão entre as terras de criar (criadouros comunitários) e as terras de plantar (locais destinados para agricultura de subsistência, (CHANG 1988).

Nerone (2000) corrobora com Chang (1988), pois a origem do Faxinal possui um vínculo com a colonização dos espanhóis, pelos jesuítas. Os quais possuíam hábitos culturais tradicionais de criação de animais em áreas comunais bem como o sistema de vida em comunidade.

Segundo Campigoto (2008), o Sistema Faxinal seria resultado da colonização e traços culturais de origem européia, de terras comunais, dos imigrantes açorianos vindo da Ilha de Santa Catarina ao centro-sul paranaense. Ou pelas culturas indígenas do sul do Brasil, nas quais o uso comum de terras já se fazia presente (CHANG 1988; LOWEN SAHR e IEGELSKI 2004; CAMPIGOTO 2008).

O Sistema de Faxinal teve seu ápice atrelado a atividades econômicas como a extração de erva mate, no século XIX e início do século XX junto com a criação de suínos de modo tradicional, a solto em meio aos ervais. O suíno era usado tanto para o consumo dos colonos, como também para a venda de carne e seus derivados para os grandes centros urbanos (HAURESKO, 2012).

Este sistema existia originalmente nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, tendo se constituído, portanto, nos séculos XIX e XX, entre períodos de decadência e ascensão de atividades econômicas como: a pecuária e a erva mate. Até a metade do século XX, um quinto de todo o território paranaense era composto pelos Faxinais, que se formaram, sobretudo, nas áreas onde se encontrava a Floresta de Araucária (CUNHA, 2003).

O Faxinal é definido como um sistema de produção camponês tradicional, característico da região Sudeste do Paraná, que tem como traço marcante o uso coletivo da terra para criação animal e a conservação ambiental. Este sistema é fundamentado em três segmentos: a) criação animal - de forma coletiva à solta, através dos criadouros comunitários; b) produção agrícola – policultura alimentar de subsistência para consumo e comercialização; c) extrativismo florestal de baixo impacto – manejo de erva-mate, araucária e outras espécies nativas (CHANG, 1986).

Com o decorrer do tempo algumas divergências foram surgindo em relação à caracterização e manutenção dos Faxinais, quanto a sua estrutura. Souza (2006) identificou no Paraná cerca de 227 Faxinais, os quais, foram classificados em 4 categorias conforme a característica do uso e ocupação, sendo:

I. **Faxinais com uso comum – "criador comum aberto"** é observado em criadores comuns relativamente grandes (acima de 1000 ha) com "criações altas e baixas" com uso comunitário de pastagens e recursos hídricos. Fazem parte desta categoria 11(4,8%)

faxinais do total acima citado. Nesta classificação encontra-se muito mais presente as áreas privadas com plantio de eucalipto e pinus, e destaque para o cultivo de monoculturas, assim como a construção de chácaras e áreas privadas gerando conflitos dentro do Sistema Faxinal.

II. **Faxinais com uso comum – "criador comum cercado"**: se caracteriza pelo uso comum da pastagem natural e recursos hídricos dentro do criadouro usado comunitariamente. Fazem parte desta categoria 54 faxinais (23,7%), onde se encontra somente a presença e criação de animais de grande porte (bovinos e equinos).

III. **Faxinais com uso comum – "criador com criação grossa ou alta":** é caracterizado pelo fechamento com quatro fios de arame parte ou todas as propriedades antes usadas para o criadouro comunitário. Nesta modalidade composta por cerca de 50 faxinais (22%), somente há presença de criação de animais de grande porte (bovinos e equinos) o restante (suínos e caprinos) são criados em áreas fechadas ou particulares.

IV. **Faxinais sem uso comum – "mangueirões" e "potreiros":** nessa categoria o sistema de uso comunitário não se faz mais presente. A criação de animais é feita apenas em áreas particulares em áreas denominadas de "mangueirões" e "potreiros". Nesta modalidade do qual fazem parte 112 faxinais (49,3%) restou apenas às características paisagísticas e resquícios culturais.

Antoneli et al., (2015), ressaltam que esta classificação se pautou apenas na caracterização paisagística e na forma de uso e ocupação, não sendo levados em consideração as condições ambientais existentes e a variabilidade na forma de uso e ocupação dentro de cada sistema, ou seja, dentro dos limites de um Faxinal pode existir as quatro categorias de classificação.

Em síntese, o Faxinal é caracterizado pelo uso coletivo da terra, ou seja, são criadouros comunitários formados por áreas de criar e plantar. Nos locais de uso coletivo criam-se animais domésticos como vacas, (*Bos taurus*), cavalos (*Equus caballus*), porcos (*Sus scrofa domesticus*) cabras (*Capra aegagrus hircus*) e galinhas (*Gallus gallus domesticus*), conforme ilustrado na figura 01, que representa didaticamente a organização espacial do sistema faxinal.

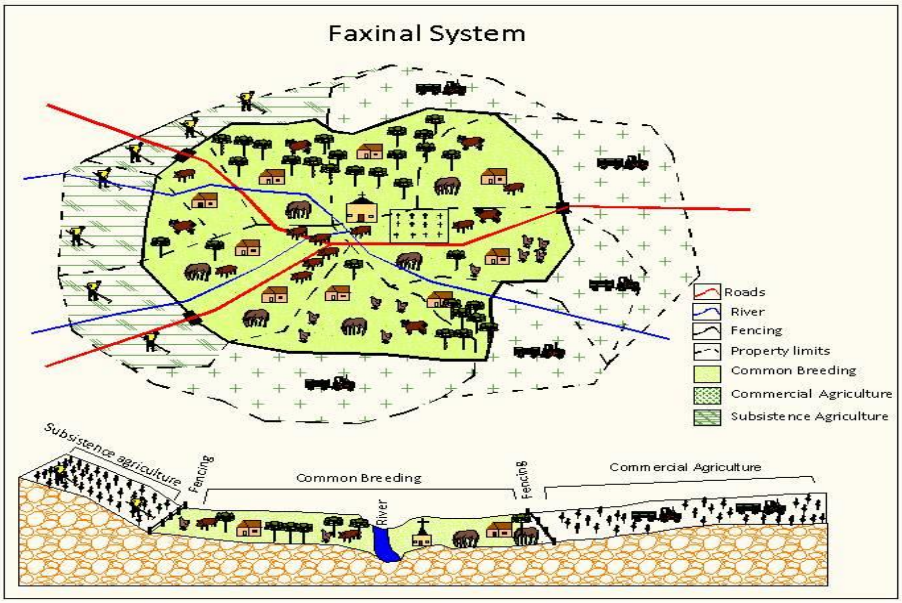

Figura 1: Ilustração da organização do Sistema de Faxinal
Fonte: Antonelli, 2015.

Segundo Antoneli e Thomaz (2012), mesmo aqueles agricultores que residem na área do Faxinal, mas que não possuem terras, também tem o direito de criar animais nos limites do Faxinal. As áreas de plantar encontram-se fora dos locais de uso coletivo, e são utilizadas para cultivar produtos para subsistência como arroz, feijão, milho, mandioca e batata.

Em 1997 o Sistema de Faxinal foi reconhecido oficialmente, através do Decreto Estadual, PR nº 3446/97, que criou as Áreas Especiais de Uso Regulamentado (ARESUR) para incluí-los no Cadastro Estadual de Unidades de Conservação. (IAP, 1998).

Este modelo de organização tem sido abordado por vários autores que direcionam suas pesquisas para a identificação cultural e manutenção desta forma de uso e ocupação. Dentre eles destacam-se trabalhos sobre a construção de identidade dos faxinais (LÖWEN SAHR, 2005), configuração e classificação dessas áreas (CHANG, 1988; SOUZA, 2006; CAMPIGOTO, 2008; FLORIANI et al., 2010), ou no contexto econômico através da inserção da fumicultura nas áreas de faxinais (KRAICZEK e ANTONELI, 2012, ANTONELI, 2013).

As áreas de Faxinais estão perdendo a essência do uso coletivo da terra, que ao passar do tempo, diminuiu as áreas de criadouro comunitário. Esta questão foi evidenciada por MARQUES (2004), onde indica que no Paraná ainda existe um total de 152 Faxinais. No entanto, apenas 44 Faxinais ainda possuem o uso comunitário de terras, sendo que deste, 14 estão no município de Prudentópolis.

1.3. Meio Biofísico do Sistema Faxinal

A região centro-sul é dentre as regiões do Paraná que mantém maior cobertura florestal nativa devido à existência dos Faxinais (IPARDES, 1994). Os recursos florestais paranaenses cobriam até 1890, cerca de 85% da superfície do Estado que devido aos ciclos econômicos sofreram uma significativa redução.

Neste contexto os Faxinais, apesar do processo de desmatamento, mantiveram parte de sua vegetação natural, porém a crescente demanda por matéria prima (madeira, erva-mate e outros estratos vegetais), vem tornando difícil à manutenção dessas áreas principalmente em relação à vegetação natural.

O Faxinal apresenta vários problemas de ordem socioambiental. No aspecto social, a partir da Revolução Verde vem sofrendo um declínio, pela transformação de áreas de criadouros comunitários, para o plantio da soja, milho, feijão, fumo, entre outros produtos (HAURESKO, 2012).

Com a redução das áreas dos criadouros comunitários, ou transformação desses espaços em áreas agrícolas e a manutenção do mesmo número de animais, consequentemente, há um aumento da taxa de lotação de animal por hectare. O que faz com que ocorra uma pressão maior sobre os recursos naturais, como demonstrado na figura 2.

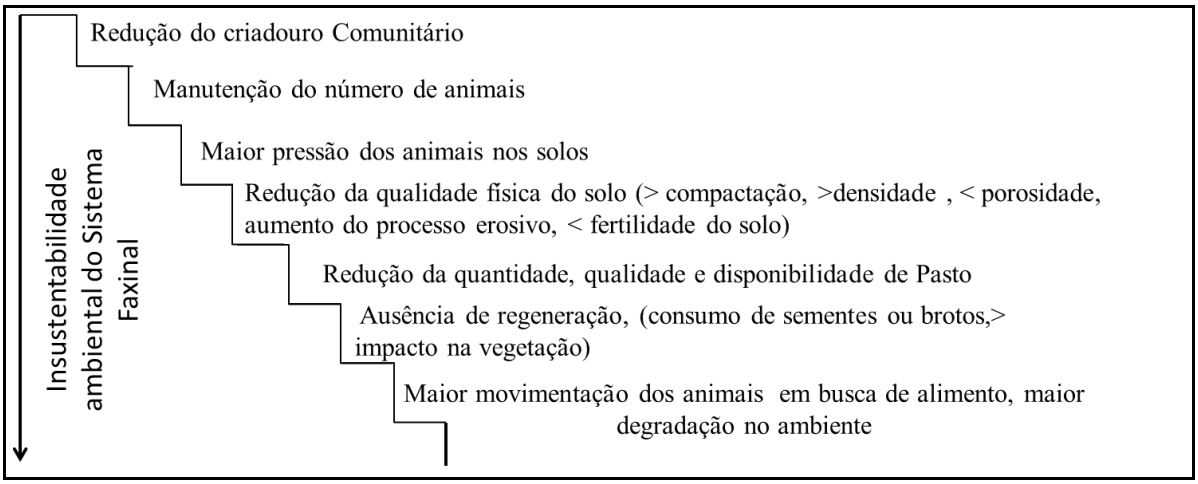

Figura 2: Processo de insustentabilidade e degradação no Sistema Faxinal
Adaptado de Antoneli et. al., 2015;

A partir do momento da atenuação das áreas destinadas ao criadouro comunitário, começam a surgir problemas, pois com essa redução, os faxinalenses precisam aumentar seus rebanhos para obter o mesmo lucro. Segundo Antoneli (2011), este processo se apresenta em forma de cadeia, onde uma variável acaba influenciando outras, tornando o faxinal insustentável tanto do ponto de vista econômico e ambiental.

Algumas pesquisas voltadas para a degradação dos recursos ambientais dentro deste sistema vêm sendo realizadas, sobre a estrutura do sistema florestal (WATZLAWICK et al., 2008); análise fitossociológica (ALBUQUERQUE et al. 2005); dinâmica geomorfoclimática (ANDRADE et al., 2012); perda de solo em caminhos preferências dos animais (ANTONELI et al., 2012), migração de margens devido ao contato dos animais com os corpos hídricos (BEDNARZ et al. 2012), exposição do solo (PERUCELI e ANTONELI, 2010) erosão em margens de rios (DIAS e THOMAZ, 2011) interceptação da água da chuva (THOMAZ et al . 2012), infiltração e compactação do solo (ANTONELI, 2012), perda de solo (ANTONELI, 2011) e perdas de solo em diferentes áreas do sistema Faxinal (ANTONELI et al., 2016).

A principal meio desencadeador das variáveis de degradação observadas no faxinal é o manejo dos animais. Os animais criados no faxinal alteram o meio, diretamente nos processos geomorfológicos (compactação do solo, mudanças nas condições físicas e químicas do solo, erosão, revolvimento do solo, mudanças de rugosidade, criação de microrrelevos). E indiretamente, por exercer pressão sobre as condições hidrológicas (interceptação, infiltração, armazenamento de água na serapilheira, umidade do solo, entre outros).

A ação dos animais é um dos principais desencadeadores dos problemas de ordem ambiental, pois, o pisoteio constante acaba compactando o solo que, segundo Marschner (1995) e Rosolem et al. (1994), reduz a densidade e a macroporosidade, aumentando a resistência do solo ao crescimento radicular em áreas florestadas.

Em solo compactado, os sistemas radiculares concentram-se próximo à superfície, tornando a planta muito mais susceptível a déficits hídricos e com limitada capacidade de absorver nutrientes. A compactação do solo influencia também na resistência à penetração (IMHOFF et al. 2000), retenção de água (BELL et al., 1997) e infiltração (FRANCIS et al., 1999; LEÃO et al., 2004).

Bertoni e Lombardi Neto (2005) concluem que o pastoreio excessivo faz surgir áreas sem vegetação devido à redução do processo de regeneração. O surgimento de áreas sem vegetação vem a contribuir para aumento dos processos erosivos alterando a resposta hidrogeomorfológica das vertentes (THOMAZ, 2007).

Com a redução da cobertura vegetal, ocorre diminuição da concentração da umidade no solo, maior exposição, maior susceptibilidade a erosão por salpico, redução dos índices de infiltração e aumento do escoamento superficial. (MOLCHENOV, 1971; LENCASTRE e FRANCO, 1984; FEDEROV e MARUNICH 1989; FARIA, 1994; GUERRA, 1999).

As áreas sem vegetação denominadas de clareiras são características do Sistema de Faxinal, devido à dificuldade de regeneração da floresta, a ação dos animais pelo pastejo, consumo de sementes e corte das árvores para exploração da madeira.

Portanto, a vegetação no Faxinal se caracteriza apenas com o dossel, onde praticamente não existem sub-bosque e vegetação herbácea. Observa-se também que mesmo o dossel apresenta uma fragmentação, que pode aumentar os índices de atravessamento de água da chuva, acarretando mudanças hidrológicas e microclimáticas.

A ação dos animais, em especial dos suínos, não é somente em relação à vegetação, mas também se observa no revolvimento do solo, contribuindo para a remobilização e remoção de sedimentos, visto que, as bioturbações causadas pelos suínos em busca de alimentos, alteram a estrutura física, assim como diminuem o número de áreas com pastagem, aumentando os índices de solo exposto.

1.4. Bioturbação

Darwin (1881) foi o primeiro a descrever os efeitos dos animais na estrutura do substrato em que vivem, conduzindo estudos sobre como minhocas em Staffordshire, Reino Unido, movimentavam partículas de solo das camadas mais profundas até a superfície, embora não utilize o conceito de bioturbação.

Essa terminologia foi introduzida por Richter (1952) para descrever fósseis e estruturas encontradas em rochas sedimentares e por Schafer (1952) em relação aos efeitos da mistura de sedimentos marinhos pela fauna.

Kristensen et al. (2012) relatam que Richter criou duas divisões para a bioturbação, a fitoturbação (marcas ou traços deixados no solo pelo crescimento de plantas) e zooturbação (movimento de camadas de sedimentos pela ação de animais). Os mesmos enfatizam que esta subdivisão, não se destacou na literatura.

A nomenclatura bioturbação, foi adotada pela icnologia para descrever vestígios de vida em sedimentos fósseis modernos, e posteriormente adotada por disciplinas como a pedologia ou ciências aquáticas (MEYSMAN et al. 2006; WILKINSON et al., 2009), ganhando destaque nos anos de 1960 e 1970 para descrever processos biológicos ocasionados por animais, principalmente perturbações nos perfis do solo e alterações em suas propriedades (BLUM e GANSSEN, 1972).

No contexto geomorfológico a palavra bioturbação foi utilizada primeiramente por Humphreys e Mitchell (1983) no trabalho “soil-geomorphology”, tornando-se comum sua utilização nas ciências correlatas.

Outros termos relacionados a bioturbação surgiram, principalmente nos contextos pedológicos, ecológicos e geomorfológicos, como Pedoturbação (HOLE, 1961, BAXTER e HOLE, 1967), floralturbação (JOHNSON, 1990), biopedoturbação (WHITFORD e KAY 1999), biomixagem (JOHNSON et al., 2005) ou impactos por engenharia de ecossistema.

As bioturbações quando analisada de forma isolada pode passar despercebida aos olhos de geomorfólogos, pedólogos ou biólogos, mas seus efeitos cumulativos causam impactos consideráveis nos sistemas terrestres.

No entanto, trabalhos recentes e novas formas de análises e observações a campo, têm levado pedologistas e geomorfologistas a reconsiderarem a exclusão dos fatores bióticos no contexto de evolução da paisagem. A comunidade biótica foi responsável por modificar, alterar, transportar materiais na maioria dos ambientes ao longo do tempo geológico.

Os amontoados de solo ou crateras, resultados de atividades como escavação, são as formas mais visíveis de bioturbações, mas a mistura de materiais nos diferentes perfis do solo pode superar as alterações superficiais em ordem de grandeza.

Neste sentido o termo bioturbação passou a ser usado na literatura para descrever como os organismos vivos afetam o substrato em que vivem ou circulam, usando neste contexto todas as perturbações físicas causadas por animais na superfície terrestre, incluindo a mobilização e o retrabalhamento de sedimentos.

Na geomorfologia as abordagens sobre o papel da comunidade biológica no ambiente passaram a ganhar destaque a partir de 1990, com a criação e definição da especialidade biogeomorfologia que será descrita a seguir.

1.5. Biogeomorfologia: Definições, conceitos e implicações.

Heather Viles (1988) definiu biogeomorfologia como o estudo das ligações e interações entre processos biológicos e geomorfológicos. Explicitou ainda, que a biogeomorfologia seria um campo interdisciplinar que aborda as relações entre geomorfologia, ecologia, biogeografia e paisagens.

A biogeomorfologia foi expressa pela primeira vez na década de 1980, embora estudos realizados focalizaram a mesma sem usar diretamente esta terminologia. A exemplo o

trabalho realizado por Knox (1972), investigando a relação entre vegetação, escoamento e processos fluviais. O autor também elaborou um modelo conceitual de respostas biogeomórficas entre os sistemas de vegetação, clima, a relação com os processos de erosão e sedimentação.

Outra base precedente para a biogeomorfologia foi estabelecida por Thornes (1985), intitulada "A ecologia da erosão", destacando a interação entre a dinâmica de vegetação e o processo erosivo.

Os dois trabalhos foram relevantes para que no ano de 1988, fosse divulgado o primeiro volume editado sobre "Biogeomorphology" por Heather Viles, o qual fez uma abordagem sobre papel dos organismos na dinâmica geomorfológica. A biogeomorfologia é o resultado da combinação entre ecologia e geomorfologia, ou seja, o estudo das formas terrestres e sua trans/formação juntamente com as relações entre biota e ambiente.

A interdisciplinaridade desta temática é definida pela interação entre os processos geomorfológicos abióticos, que podem afetar a biota, bem como os processos bióticos pode afetar os processos geomorfológicos.

O contexto biológico pode criar manter ou transformar os processos geomorfológicos. Como o papel da vegetação no sistema hidráulico, que proporciona resistência a erodibilidade e sedimentação, ou pela influência da fauna no processo de sedimentação através da bioturbação.

Segundo Baptist (2005), em alguns casos os processos morfológicos são dominantes sobre os processos biológicos e, portanto, a biota tem que se ajustar ao seu ambiente. Já em outros, os processos biológicos é que são dominantes, causando assim alterações no ambiente.

Na geomorfologia, podemos citar o trabalho de Darwin sobre o papel das minhocas e o contexto morfológico, ocasionado pela movimentação de solo, este foi precedente sobre a criação conceitual de estudos sobre os chamados engenheiros de ecossistemas (Jones et al. 1994; Hastings et al. 2007) e sobre a perturbação do solo ocasionada por animais Jones et al. (1994). Os trabalhos de Darwin foram usados na literatura geomorfológica por destacarem a influência entre biota e a dinâmicas de paisagem (REINHARDT et al. 2010).

A biogeomorfologia é uma área da geomorfologia, que surgiu efetivamente no final da década de 1980 após um ressurgimento de abordagens multidisciplinares dentro da geomorfologia (VILES, 1988). Desde a sua efetivação, houve um trabalho considerável de geomorfólogos buscando interpretações sobre aspectos particulares da biogeomorfologia, como a interações entre plantas e processos geomórficos (BUTLER et al. 2007; PEREZ, 2007), a distribuição e padrões de paisagem (PARKER e BENDIX, 1996), o papel dos animais

como agentes geomórficos (BUTLER, 1992, 1995), e as influências de líquens/musgos na meteorização da rocha (VILES, 1995).

Segundo Naylor et al. (2002), a biogeomorfologia é um termo vagamente definido, onde qualquer estudo que aborde a interação entre ecologia e geomorfologia constitui-se como sendo uma pesquisa de caráter biogeomorfológica. Pesquisas recentes concentraram-se em uma abordagem de mão dupla entre processos ecológicos e geomorfológicos.

Segundo Volkmarsen (2016), a variedade de abordagens biogeomorfológicas, vem crescendo nos últimos anos, tratando da interação entre ambientes e organismos como, o papel de musgos e líquens como agentes de intemperismo em rochas carbonáticas (CARTER e VILES, 2004), moluscos e equinodermes em erosão das costas calcárias (KLEEMAN, 1996; ANDREWS e WILLIAMS, 2000) a influência dos animais nas taxas de sedimentação (BUTLER, 1995) e escavações no solo (TARDIFF e STANFORD, 1998; ALKON, 1999).

Essencialmente, a biogeomorfologia envolve cooperação entre ecologia e geomorfologia, e pode assumir uma variedade de formas, que se estendem muito além das simples interações entre os processos bióticos e geomórficos. Através da biogeomorfologia as abordagens permitem que os sistemas geomórficos sejam vistos a partir de diferentes perspectivas teóricas, possibilitando, novas temáticas de pesquisa.

A biogeomorfologia pode promover o compartilhamento de teorias modelos e técnicas de coleta de dados e interpretações ambientais entre geomorfólogos e ecologistas.Segundo Neylor (2002), existem três processos biogeomorfológicos fundamentais para a compreensão da dinâmica biogeomorfológica: bioerosão, biocontrução e bioproteção (Figura 3). A bioerosão destacaria os processos biológicos ou agentes que aumentam a erosão ou reduzem a proteção. Bioconstrução sendo o processo no qual os organismos produzem depósitos sedimentares, acréscimos ou acumulações, enquanto a bioproteção ocorre através da prevenção passiva ou retardamento de processos de superfície da terra por organismos.

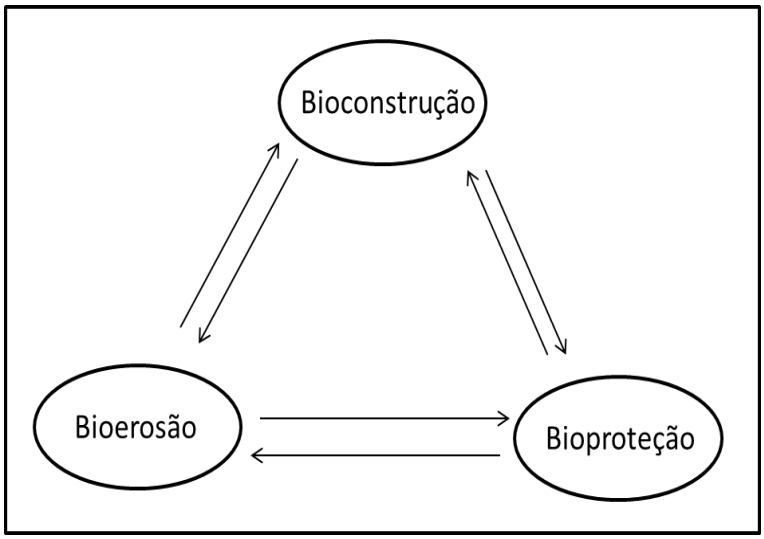

Figura 3:Diagrama, Impactos Biológicos em Sistemas Geomorfológicos:
Adaptado de Neylor, et al.(2002)

Os três bioprocessos explanados na Figura3, podem apresentar conceitualmente heterogeneidades, sendo na forma ativa e/ou passiva. A bioerosão em sua forma ativa pode envolver processos em que a biota acelera a dinâmica intempérica das rochas ou minerais, já no contexto passivo, incorpora processos ou agentes biológicos que reduzem a proteção e, portanto, indiretamente incentivam a erosão, a exemplo de animais que através do pastejo aceleram as perdas de solo.

A bioconstrução pode ser definida como o resultado da ação biológica, como a produção de depósitos e/ou acumulações sedimentares. Neylor et al. (2002), destaca que nesta fase a biocontrução pode se desenvolver de três maneiras, primeira sendo a produção de material inorgânico, segunda, acumulação e a alteração mineralógica e terceira, a incorporação de detritos orgânicos. Estes podem ter uma escala espacial que variam de centímetros a quilômetros e temporal, de horas, dias a milhares de anos.

Já em relação ao contexto de bioproteção, inclui-se toda forma de interações entre plantas, animais e micro-organismos, em superfícies sedimentares e rochosas que estimulam a acreção e consolidação reduzindo a erosão. Nestes sistemas podemos citar deste a inter-relação de micro-organismos microscópicos até a complexidade dos sistemas radiculares de um bioma florestal. O papel da bioproteção das espécies recebeu considerável atenção nos últimos anos (THORNES, 1990; GURNELL, 1998).

O campo da biogeomorfologia é, por sua própria natureza, interdisciplinar e abrangente. Processos naturais frequentemente envolvem múltiplos aspectos de ambiente, incluindo processos geomórficos e biológicos. Entretanto, muitos estudos abordam o aspecto geomórfico ou os processos biológicos em vez de incorporar as duas áreas como uma questão unidirecional (STINE e BUTLE 2011).

Neste sentido, os trabalhos de biogeomorfologia devem buscar a inter-relação entre os processos e formas superficiais com a dinâmica da engenharia de ecossistema.O conceito de engenheiros do ecossistema foi implementado por Jones et al. (1994), para representar as alterações e interações causadas por plantas, animais ou seres humanos no ambiente. Corroborando Gutiérrez et al. (2003), destaca que a engenharia de ecossistemas é responsável por criação, modificação e manutenção de habitats ou microhabitats.

Ao criar, modificar e manter habitats, os engenheiros do ecossistema perturbam o ambiente natural criando distúrbios, proporcionando o aumento ou redução de algumas espécies, Jones et al. (1994). O mesmo autor distinguiu dois tipos diferentes de engenheiros do ecossistema, os alogênicos, e os autógenos.

Exemplo destas duas tipologias, os alogênicos alteram o ambiente, transformando materiais vivos ou não vivos de um estado físico para outro, por meios de diversos processos mecânicos, como os castores, que derrubam árvores, arrastam e utilizam-nas para represar cursos e recursos hídricos na América do Norte (BROWN e PARSONS, 1979), desencadeando um efeito ambiental, referente as outras espécies como pássaros, répteis, anfíbios e plantas (WRIGHT et al., 2002).

Ainda em relação classe dos alogênicos destaca-se a perturbação dos solos causada por animais como porcos-espinhos, javalis (ALKON 1999; WILBY et al. 2000), formigas (WILBY et al. 2001), e algumas espécies de pássaros (CASAS-CRIVILLÉ e VALERA, 2005).

Já em relação aos engenheiros autógenos, estes modificam o ambiente através de suas próprias estruturas físicas, ou seja, seus tecidos vivos e mortos criam habitats para outros organismos.

As árvores são um bom exemplo desta tipologia, à medida que crescem e se tornam maiores, seus tecidos vivos e mortos criam habitats para outros organismos viverem dentro ou fora dela. Espécies arbustivas também servem como corredores ecológicos, permitindo assim o deslocamento aéreo de espécies (via dossel), não havendo contato direto com a superfície do solo.

A engenharia de ecossistemas tem maior influência e impacto sobre outros organismos que vivem no mesmo ambiente que eles, especialmente fornecendo, retirando ou competindo por recursos. Alguns dos engenheiros do ecossistema contribuem para a riqueza de espécies no nível da paisagem.

Estas abordagens foram aplicadas para entender os efeitos da engenharia de ecossistemas nas chamadas assembleias comunitárias (WRIGHT e JONES 2004, CRAIN e

BERTNESS 2006) e a variação na influência dos organismos nos processos relacionados à bioturbação do solo (JONES et al. 2006; GUTIÉRREZ e JONES 2006).

Ao observarmos uma paisagem composta por diferentes gradientes de "fragmentação" ou "manchas" esta pode estar atrelada pela ação de uma ou mais espécies, os quais promovem mudanças geomorfológicas como: formação de depressões, montículos de materiais geológicos, tocas, áreas de chafurdamento, caminhos preferenciais, crostas, alterações de macroporos, agregados e galerias no solo.

A fauna modifica a superfície da terra produzindo mudanças de microrrelevo, através de seus hábitos e comportamentos nos ambientes em que transitam ou vivem. Segundo Stine e Butler (2011), as ações e processos ecológicos e geomórficos foram amplamente desvalorizadas no contexto da geomorfologia, principalmente em relação à construção literária durante o século XX, mas, algumas exceções podem ser encontradas, como o trabalho sobre; RUEDEMANN e SCHOONMAKER, 1938; IVES, 1942), bem como trabalhos nas décadas de 1970 e 1980 que destacaram a intervenção no solo por mamíferos através da construção de tocas (PRICE, 1971; THORN, 1978).

No final dos anos 80 e primeira parte da década de 1990, houve um ressurgimento dos estudos de interações morfológicas e ecológicas por parte da geomorfologia, com o lançamento do volume de Biogeomorphology por Heather Viles em 1988.

Neste contexto, a ação biológica sobre o ambiente volta a ser abordada após a publicação do livro. Geomorfologistas começaram a desenvolver trabalhos sobre o papel dos animais como agentes geomórficos, dentre estes TRIMBLE, (1994); TRIMBLE e MENDEL (1995); e BUTLER (1991e1992). Este último de maior destaque, pois, definiu a nomenclatura zoogeomorfologia.

A zoogeomorfologia passou a ser definida como o estudo dos efeitos geomórficos dos animais nos ambientes. Butler (1995), faz a edição e releitura de vários trabalhos, tanto com enfoque ecológico quanto geomorfológico e publica-os no livro "A Zoogeomorphology Animals as Geomorphic Agents", relatando os contextos morfológicos criados pela ação dos animais.

Conforme definido por Butler, a zoogeomorfologia explica, quantifica e avalia a interação e os efeitos geomorfológicos dos animais na paisagem, ou seja, como as atividades e os impactos dos animais podem ser presenciados na paisagem ao longo do tempo.

Estes processos podem se apresentar de forma direta, através das escavações, chafurdação, geofagia, litofagia, trilhas, construção de ninhos, barragens e túneis, ou indireta,

como remobilização de serapilheira, perturbação da vegetação, preparo de material para remoção, infiltração subsuperfícial e mudança da rugosidade superficial.

Os efeitos zoogeomórficos dependem de fatores como, intensidade e frequência que a espécie altera o ambiente, densidade, tamanho dos indivíduos e sazonalidade, bem como a própria etologia da espécie.

A interação dos animais com ambiente é conhecida por causar alterações na superfície do solo, e essas interações modificam ciclos ou processos naturais, alterando características geomorfológicas e pedológicas.

Segundo Black e Montgomery (1991), as inter-relações com o meio, criadas, modificadas e impactadas pelos animais, através das suas atividades não pode ser subestimada em relação aos processos geomorfológicos.

A ação espécies da fauna na superfície terrestre pode se apresentar de diversas maneiras, algumas incertas de serem observadas, como o papel dos invertebrados, a exemplo de protozoários, vermes, insetos e ácaros que contribuem para a decomposição de lixo orgânico, além de auxiliarna estruturação do mesmo, através da matéria orgânica e produtos químicos liberados por seus corpos, excrementos e resíduos alimentares (EVANS, 1948; ENGLEMANN, 1961).

Ainda neste contexto podemos destacar o papel das minhocas, formigas, e gafanhotos que remobilizam toneladas de materiais, criando microfraturas ou túneis, (DARWIN 1881), ao longo de milhões de anos.

Já em relação ao papel dos vertebrados estes promovem alterações mais visíveis, primeiramente pelo diâmetro de seu corpo, segundo pela sua maior capacidade de remobilização de carga, criando e produzindo distúrbios na superfície, e alterações nas propriedades pedológicas (TISDELL, 1982; SPENCER et al. 2005; CERDÀ e JURGENSEN, 2008; CERDÀ et al. 2009).

As principais modificações no meio ocasionadas pelos animais estão relacionadas à construção de tocas, (para procurar alimentos, refugio, procriação ou habitat) ou pela pressão exercida durante o deslocamento entre um ambiente e outro.

As perturbações podem ser ocasionadas por pequenos animais no processo de construção das tocas, como os esquilos, porcos-espinhos, pequenos roedores, cães da pradaria, que destroem ou modificam formas de relevo, alteram a vegetação, transportam serrapilheira e alteram a fertilidade do solo, bem como promovem remoções de altas taxas de sedimentos como demonstra a Tabela 1.

Tabela 1: Remoção de solos por diferentes espécies

Espécie	**Autor**	**Erosão kg/m²**
Spermophilus parryii	PRICE (1971)	5.8
Thomomys talpoides	THORN (1978)	15.5
Eospalax fontanierii	WANG AND FAN (1987)	13.5
Ursidae	BUTLER (1992)	26
Otomys sloggetti	MOKOTJOLEMA (2007)	15.5
Cynomys	JAHRAUS (2009)	8
Mus musculus	ERIKSSON (2011)	0.930
Bos taurus	ANTONELI ET AL. (2013)	6.3
Elephas maximus	SIDLE E ZIEGLER (2015)	38

Organização: Autor;

Em território nacional os trabalhos que destacam os animais como agentes geomóficos são muito incipientes, embora exitem trabalhos que abordem caracteristicas biogeomorfológicas, não se utilizando diretamente deste conceito. Em relação às abordagens na linha zoogeomorfológicas, a restrição se torna mais evidente.

Trabalhos como a origem dos murundus nas áreas de cerrados, (PENTEADO-ORELLANA, 1980; OLIVEIRAFILHO, 1992 e RESENDE et al. 1995), influência de animais domésticos na movimentação de margem em canais fluviais, (BEDNARZ et al., 2012), a bioerosão causada pelo pisoteio do gado (THOMAZ E DIAS 2009), e a produção de sedimentos em caminhos preferências de animais domésticos (ANTONELI et al., 2012), são exemplos de trabalhos que destacam a ação e interação de animais com o ambiente em nível nacional.

A escassez de trabalhos nesta linha se amplia sobre os impactos causados pelos suínos criados ao ar livre, principalmente em território nacional. Em contrapartida existe uma variedade de trabalhos que incentivam esta prática, EMBRAPA; VERBEKE e VIANE, 2000; WATSON et al. (2003).

No Brasil, existe um número considerável de produtores de suínos localizados em sua maioria na região Sul, que utilizam esse sistema de criação, por justificativas socioeconômicas e fundiárias.

Este sistema pode ser observado em dois contextos, primeiro relacionado ao chamado SISCAL, Sistema Intensivo de Suínos Criados ao Ar Livre, adotado inclusive por

produtores de vários países do mundo, o qual consiste de planejamento e manejo dos animais, e outro sem planejamento e manejo, caso da criação no Sistema de Faxinal, que se mantém resistente a mais de cem anos.

Neste modo de criação, não existe sistema de rotação de piquetes, e nem planejamento sazonal, neste sentido os suínos passam o tempo todo transitando no perímetro do criadouro comum em busca de alimento. Ocasionando pressões ambientais nos corpos hídricos, solo e vegetação.

Porcos criados ao ar livre se alimentam de plantas, frutos, raízes e invertebrados encontrados expostos na superfície ou nos perfis do solo (NOGUEIRA-FILHO et al. 2009), e para ter acesso a este, "fuçam" revolvendo grandes quantidades de solos.Anderson et al. (2007) concluiu que porcos tem a capacidade de revolver cerca de 200 m² de área por dia. O processo de fuçar aumenta os índices de compactação e erosão KOTANEN (1995) e SPEAR et al., (2009), acelera a lixiviação de nutrientes e as perdas de água e solo (BRATTON 1974; CAMPBELL E LONG, 2009).

O revolvimento dos solos, por suínos acelera a decomposição de matéria orgânica, pois os animais incorporam serrapilheira da superfície ao solo revolvido (JEZIERSKI e MYRCHA 1975), assim como diminuem a biodiversidade de plantas nativas resultando na propagação de espécies exóticas (HUENNEKE e VITOUSEK, 1990).

Os porcos consomem uma variedade de materiais bióticos a abióticos que encontram pelo ambiente, isso pode acarretar a diminuição de espécies de plantas terrestre quanto macrófitas, (DOUPE et al., 2010), assim como de espécies da fauna.

A presença constante dos suínos e suas perturbações podem ser observadas também em relação aos recursos hídricos, por meio de mudança do leito(BEDNARZ et al., 2012), pastejo ou remoção da vegetação próxima dos leitos, desequilíbrio de pH (DOUPE et al., 2010), poluição e contaminação da água (MIESZKIN et al., 2009)

Embora os impactos dos suínos em curto prazo sejam claramente evidentes (distúrbios de superfície), o impacto ambiental de longo prazo da perturbação de superfície é difícil de quantificar, pois são necessários monitoramentos e avaliações detalhadas (CALEY, 1993; MITCHELL et al. 2007; ARAÚJO et al., 2015).

No caso das áreas de criadouro comum do Faxinal, os impactos ocasionados pelos suínos em relação a superfície do solo se tornam mais evidentes com o passar do tempo, visto que a manutenção do número de animais e a restrição de área são condicionantes a elevação destes níveis.

2. ÁREA DE ESTUDO, LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS

A área de estudos se encontra na comunidade Linha Paraná Anta Gorda, município de Prudentópolis, na mesorregião sudeste do estado do Paraná, como demonstra a figura 5, e situa-se aproximadamente a 20 km da área urbana do município de Prudentópolis com as coordenadas (25º07′14″S e 51º05′24″W).

Dentro desta comunidade está situado o Faxinal Paraná Anta Gorda, o qual possui uma área total de 276.5 hectares, destinados ao criadouro comum, divididos em cinco categorias de uso, sendo pastagem a qual ocupa o maior percentual 36,4% do total (100,5 hectares), seguido da floresta Secundária com 34,7% (95,8 hectares), bosque 16,1% (44,5 hectares) e a floresta de Araucária com 11,4% (31,0 hectares). O restante 0,7% (~ 2,0 hectares) são ocupadas pelas residências, áreas agrícolas e estradas.

Neste Faxinal residem 64 famílias, em torno de 240 pessoas que vivem da criação de animais de forma extensiva e agricultura de subsistência como cultivo de milho, feijão, arroz, dentre outros.

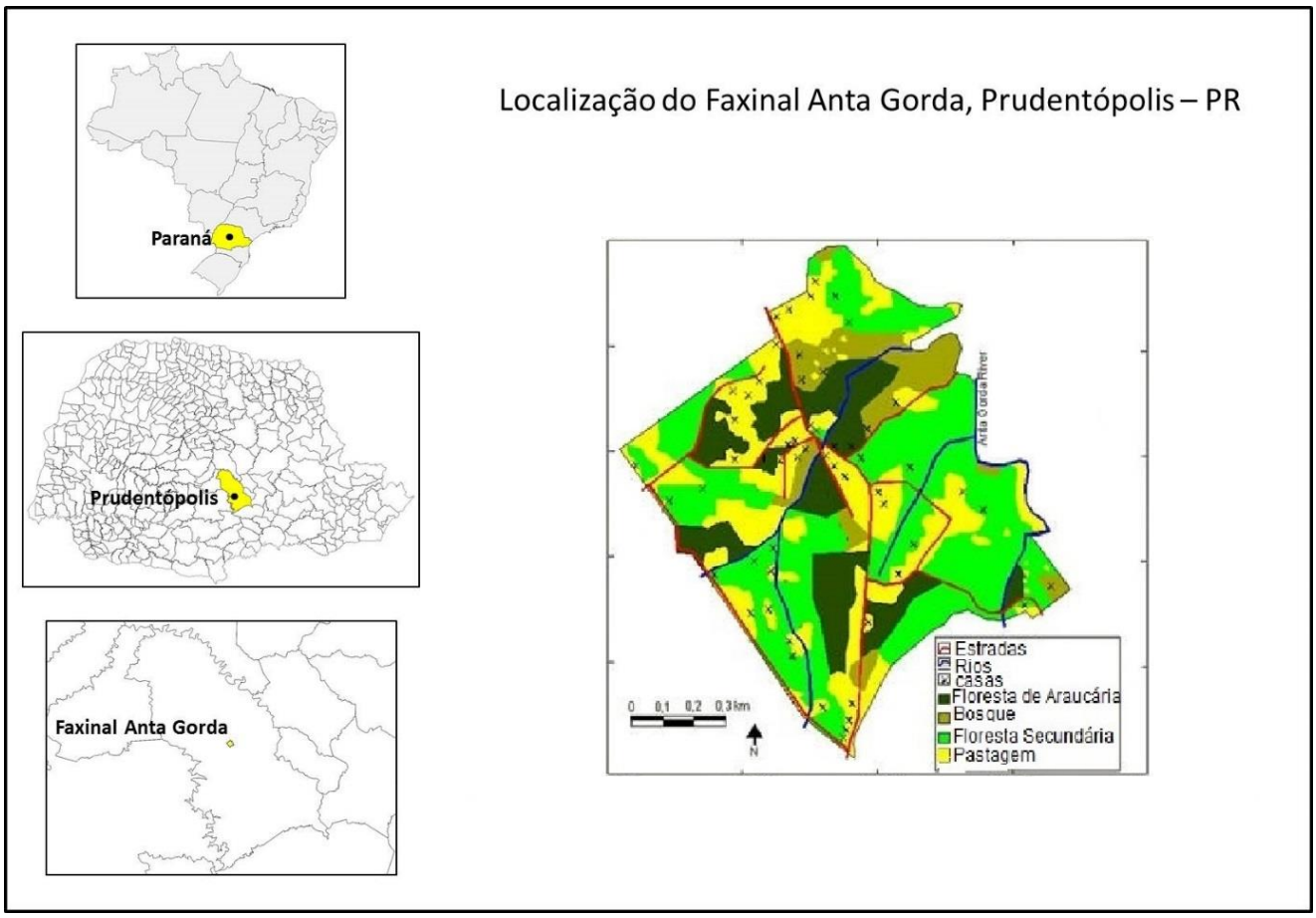

Figura 4: Localização da área de estudo

Além da agricultura de subsistência todas as famílias têm como complemento de renda e para consumo próprio a criação de animais. Assim como nos demais Faxinais a criação de suínos é que mais se destaca. No Faxinal Paraná Anta Gorda dentro do criadouro comum existem cerca de 90 bovinos, 60 equinos, 250 caprinos e 1500 suínos.

A criação de suínos é tradicionalmente a que mais se destaca, devido ao fato de que a maior parte do processo de crescimento e engorda é feita sem a utilização de grandes quantidades de alimentos disponibilizados pelos agricultores. Como os suínos são criados à solta no criadouro comunitário eles conseguem alimento, disponíveis nestas áreas. Assim como também devido ao fato destes animais serem onívoros, consomem uma variedade de alimentos como frutos (pinhão, guabiroba) raízes, pasto, pequenos animais entre outros, diminuindo a necessidade de suplementação alimentar por parte dos criadores.

2.1. Aspectos Geomorfopedológicos

Do ponto de vista fisiográfico, o município de Prudentópolis está inserido no Segundo Planalto do território paranaense, compreendido entre a Serra de São Luiz do Purunã e a Serra da Esperança.

Em relação ao contexto regional, a área de estudo está inserida na transição do Segundo para o terceiro Planalto Paranaense, entre os depósitos sedimentares com a Formação Serra Geral. Segundo Santos et.al. (2007), no Segundo Planalto Paranaense, predominam processos de evolução das vertentes, devido principalmente, a movimentos de massa e queda de blocos nos Planaltos Residuais da Formação Serra Geral, associados a relevos de moderada/alta declividade e erosão laminar e lineares associados a relevo de moderada declividade.

Ainda em relação ao relevo, observa-se através do mapa geomorfológico do Paraná, gradientes de 460 metros, com altitudes variando entre 580 (mínima) e 1.040 (máxima). As formas de relevo predominantes são topos aplainados, vertentes convexas e vales em “V”, modeladas em rochas da Formação Teresina.

De acordo com a MINEROPAR (2009) a Formação Teresina é constituída por uma alternância de argilitos e folhelhos com siltitos e arenitos muito finos cinza claros e na porção superior existem calcários e coquinas. Apresenta marcas onduladas, fendas de ressecamento, diques de arenito e microlaminação cruzada. Esta formação foi depositada num ambiente transicional de marinho relativamente profundo a mares rasos.

Mineropar (2009) destaca que a Formação Serra Alta compreende uma sequência de folhelhos e siltitos cinza escuros a pretos, tendo como principal estrutura a fratura conchoidal. Quando intemperizados mostram cores cinza-claro a cinza-esverdeado, e amareladas. Já a soleira de diabásio é caracterizada como um corpo intrusivo de rocha magmática de formato tabular concordante (paralelo) com a estrutura da rocha encaixante.

Os solos do município se caracterizam como Cambissolo, Argissolos, Neossolos Litólicos e alguns pontos com presença de Nitossolo. Já em relação aos solos do Faxinal Paraná Anta Gorda, há um predomínio da classe dos Cambissolos Háplicos.

Os Cambissolos abrangem solos minerais com características bastante variáveis, apresentando texturas média ou mais fina, bem como ausência de desenvolvimento pedogenético. São solos com pequena profundidade, elevado teor de minerais primários, muitas vezes com presença de fragmentos de rocha na massa do solo. Em alguns casos, a presença de maiores quantidades de minerais primários nos Cambissolos contribui para uma maior reserva nutricional para as plantas, especialmente importante em cultivos florestais e perenes.

2.2. Aspectos hidrológicos e florestais

A dinâmica temporal e climática da região Sul é formada por uma variedade de fatores e elementos os quais se apresentam de forma muito heterogênea e com frequência e intensidade muito particular para cada área, dependendo do sistema de atuação e da escala de abordagem.

Dentro da classificação climática, o Paraná se destaca pela sua localização longitudinal, latitudinal e pela grande amplitude da altitude em relação ao nível médio do mar, estes fatores são essenciais para a manutenção de um clima temperado, propriamente dito.

Com base na classificação climática de Köppen, o município de Prudentópolis é influenciado por dois tipos climáticos, o Cfa e o Cfb, sendo o primeiro de maior destaque no território. O Cfa é um clima subtropical onde a temperatura média no mês mais frio é inferior a 18°C e temperatura média no mês mais quente fica acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, sem a presença de estação seca (IAPAR, 2000).

O Cfb domina uma porção a sudeste e uma faixa que acompanha o limite oeste do município de Prudentópolis, este tipo climático apresenta a temperatura média no mês mais

frio, abaixo de 18°C e a temperatura média no mês mais quente fica abaixo de 22°C, caracterizando verões mais frescos e com ausência de períodos de seca (IAPAR, 2000).

O regime pluviométrico em quase toda a região do Paraná apresenta-se com relativa regularidade ao longo do ano, sem apresentar estações secas e chuvosas embora à concentração de chuvas seja maior nos meses de verão. No Município de Prudentópolis a distribuição dos volumes e frequência pluviométrica está associada ao regime sazonal como demonstra a figura 5. Os meses mais chuvosos estão concentrados no verão, e primavera. Os meses de maior volume pluviométrico são outubro e janeiro, contrapondo com o mês de agosto que apresenta menor volume de precipitação. Já em relação aos volumes totais anuais estes ficam em média de 2060 ±260 mm.

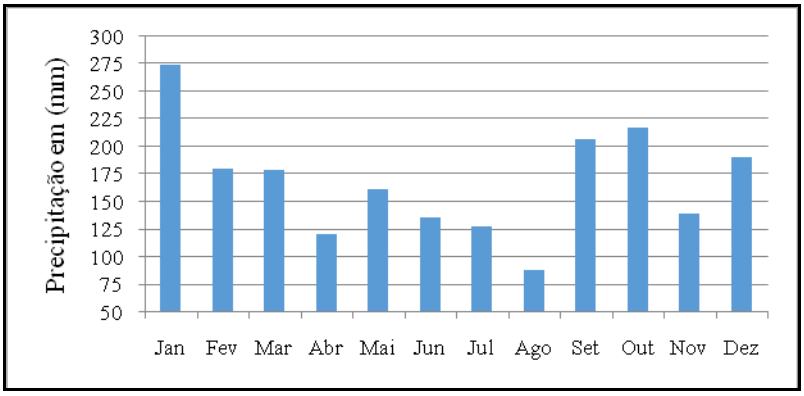

Figura 5: Média mensal da precipitação (mm) em Prudentópolis, 1988 a 2016.
Fonte: CAMP[1], Org. Autor.

Em relação às classes de precipitação, é possível observar que 59% das precipitações tem entre 0 e 20 mm, 24% entre 20 e 40mm, 10% entre 40 e 60mm e 7% acima de 60 mm de volume.

A vegetação do município é caracterizada como Floresta Ombrófila Mista, popularmente conhecida como Floresta com Araucária. Essa tipologia florestal constitui uma das mais importantes formações florestais do Sul do Brasil, principalmente pela dinâmica socioeconômica e fauna abundante.

Segundo SOS mata Atlântica (2015), nestas áreas de ocorrência desta floresta, foram identificadas cerca de 1.500 espécies botânicas, entre herbáceas, arbustivas e arbóreas, além de epífitas e musgos. Dentre os exemplares lenhosos associados à Araucária, (*Araucária angustifólia)*, erva-mate (Ilex paraguariensis), imbuia (Ocotea porosa), ipê-amarelo (Tabebuia alba), cedro (Cedrela fissilis), pitangueira (Eugenia uniflora), bracatinga (Mimosa scabrella), entre outras.

[1]Cooperativa Agrícola Mista de Prudentópolis

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido com atividades em gabinete, campo e laboratório. Como demonstra a Figura 6 em um primeiro momento foi realizado a formulação de hipótese, posteriormente seleção e reconhecimento da área de pesquisa para elaborar os protocolos de pesquisa.

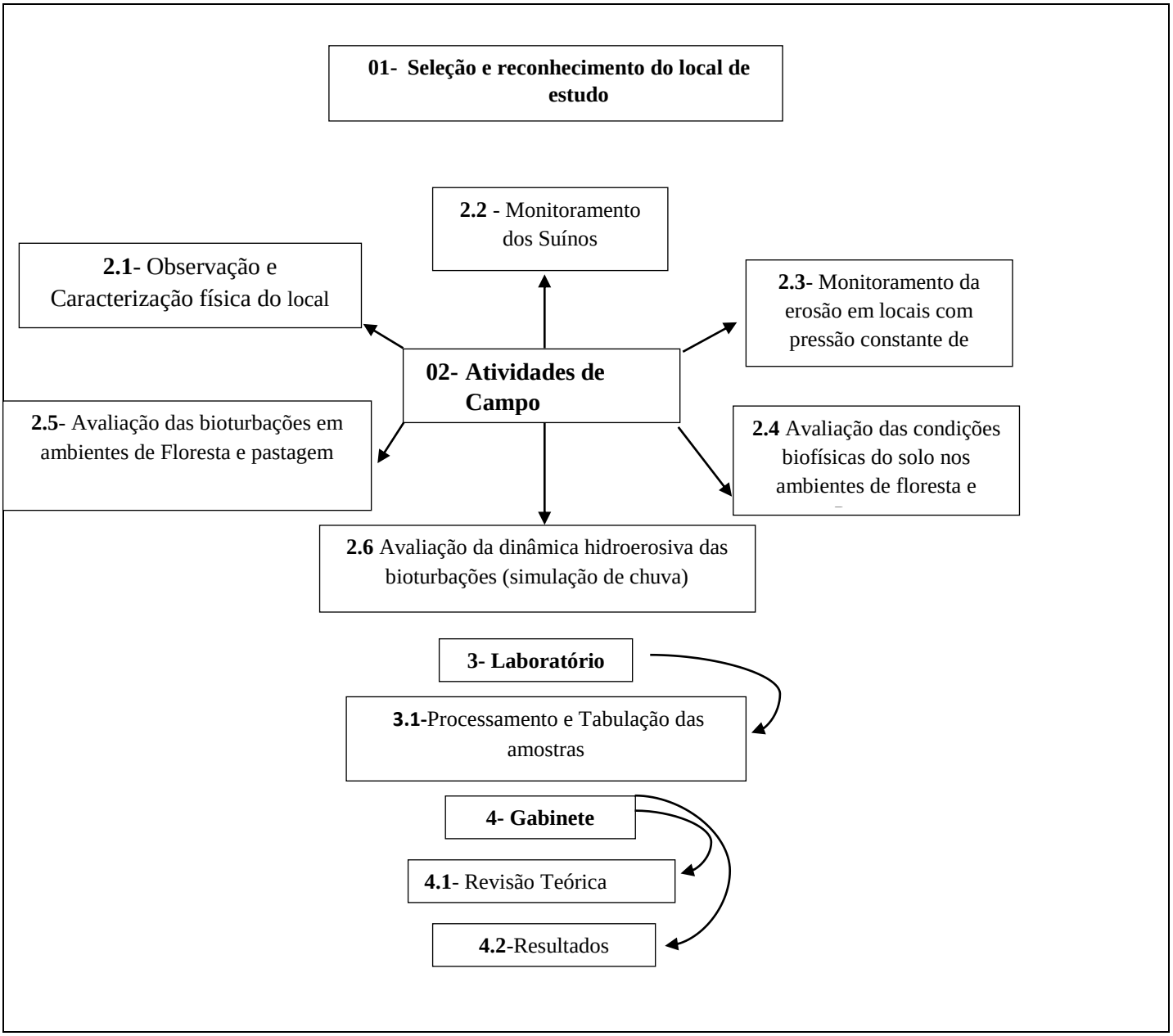

Figura 6:Organograma do desenvolvimento das atividades

Após a realização das atividades de campo, as amostras e dados coletados foram levados ao laboratório para processamento, tabulação e análises estatísticas. De posse dos dados e levantamento teórico teve início a estruturação teórica do trabalho final.

3.1. Monitoramento dos Suínos

O monitoramento dos porcos[2] no criadouro comum do Sistema Faxinal foi realizado através da instalação de equipamentos de rastreamento, GPs (*Sistema de Posicionamento Global*), os quais registram o horário, tempo de permanência, local e trajeto realizado pelos suínos.

O equipamento utilizado foi um rastreador marca Holux, o qual tem autonomia de bateria de aproximadamente 12 horas, coletando informações georreferenciadas a cada 30 segundos. Este equipamento foi acoplado a uma coleira de couro, a qual foi fixada na parte central do peito dos suínos, sendo tomada todas as precauções a fim de manter o bem estar dos animais (Figura 7).

Figura 7: Rastreadores acoplados aos suínos

Foram acopladas coleiras em quatro suínos, dois machos e duas fêmeas, cada um com média de 40 kg, em duas propriedades distintas dentro do criadouro, sendo monitorados dois suínos em cada propriedade. Os porcos utilizados durante a pesquisa foram sempre os mesmos indivíduos.

[2] O monitoramento dos animais foi aprovado pelo CEUA/UNICENTRO, Comitê de ética em Uso de Animais, por meio do ofício N° 23 e protocolo 007.

Os aparelhos foram instalados durante o período matinal e retirados ao entardecer durante seis dias consecutivos em cada estação do ano. Após a retirada os dados coletados foram transferidos e armazenados em uma plataforma digital do equipamento para posterior análise e processamento das informações. O monitoramento teve duração de 13 meses iniciando no mês de dezembro de 2015 e encerrado no mês de dezembro de 2016. Em cada estação foram obtidos 06 dias de monitoramento, totalizando 24 dias de monitoramento no período. Em média cada equipamento registrou 9 horas e 25 minutos de movimento dos suínos.

Como os suínos têm comportamento gregário, ou seja, vivem em grupos, (~5 indivíduos) neste sentido, o monitoramento de um indivíduo permitiu inferir a etologia para o grupo. Durante o período diário de monitoramento, foram feitas incursões a certas distâncias dos animais para observação de seus hábitos e comportamentos, sendo estes anotados em planilha, para auxiliar na interpretação dos dados.

3.2. Caracterização das bioturbações ativas em área de pastagem e floresta

Para a caracterização das bioturbações a fim de identificar, profundidade, largura e comprimento em metros, foram analisadas 200 bioturbações em cada ambiente, floresta e pastagem. Este valor representa cerca de 50% do total de cada área.

A caracterização foi feita com o auxílio de uma estaca de madeira para obter o nivelamento com as bordas (não bioturbadas), e de uma trena para mensurar a profundidade largura e comprimento das mesmas como demonstra a Figura 8.

Figura 8: Avaliação de local bioturbados pelos suínos.

Nas áreas de pastagem as perturbações no solo ocasionadas pelos suínos são caracterizadas pela retirada da gramínea e revolvimento de camadas mais superficiais do solo. Já no ambiente de floresta os porcos revolvem além das gramíneas, grandes quantidades de serrapilheira. Este processo ocorre em busca de alimentos como raízes e pequenos invertebrados.

As bioturbações em ambos os locais são migratórias, neste sentido observou-se que algumas muitas vezes são construídas pelos animais uma única vez, sendo "abandonadas" e novos locais são perturbados circunjacentes.

3.3. Avaliação das perdas de solo e mobilidade das bioturbações em locais de bioturbação

Os locais com maior pressão são áreas próximas das residências e nas bordas do criadouro comum, que apresentam solo exposto durante todo o período do ano. Estas áreas apresentam maiores pressões por serem locais de limite do criadouro comum ou locais próximos as residências ou chiqueirões, onde os animais permanecem maior período, a espera de alimentos ou para serem acondicionados as baias para pernoitarem.

Para avaliar as mudanças na morfologia das bioturbações e os índices de rebaixamento (perdas de solos), foi adaptada a técnica de mensuração dinâmica (FERNANDES et.al., 2001; FONTANA et.al. 2007; ANTONELI, 2011), a qual consiste na batimetria (perfis transversais). Para realizar a batimetria foram cravadas estacas nas bordas dos locais em monitoramento (permanecem fixas até o final da pesquisa) e a cada mensuração amarrou-se uma linha (fio de nylon) graduada a cada 50 cm. Com uma régua fez-se a leitura da altura entre a linha e a superfície do solo. Após a leitura, o fio de nylon é retirado.

Foram monitoradas as taxas de rebaixamento de 12 áreas, sendo 8 com pressão constante de animais, e 4 em locais dentro das áreas de floresta que não apresentaram perturbações visíveis[3] (revolvimento do solo) a fim de comparação. Em cada área obteve-se 85 pontos, que foram monitorados a cada 3 meses por um período de 18 meses.

Para avaliar a mudança da morfologia da bioturbações destas áreas, bem como a perda volumétrica de material foi construído uma malha com intersecção de pontos formada

[3] Das quatro locais apenas um não foi perturbado pelos suínos durante o tempo de monitoramento.

por um quadro de 10 X 10 m (400 pontos), sendo mesuradas na intersecção das linhas os índices de rebaixamento de superfície.

3.4. Densidade aparente do solo

Para avaliar a densidade aparente do solo foram abertos 05 perfis por área (floresta e pastagem), sendo coletadas amostras em diferentes profundidades (0-5, 5-10, 15, 20, 30, 40 cm). Foi utilizado o método do anel volumétrico (cilindro de metal) de 100 cm^3, que foi introduzido no solo para preencher o volume total do anel. As mostras foram levadas ao laboratório e secadas a 105ºC por 24 horas em estufa para a retirada da umidade. Após a secagem as amostras foram pesadas e aplicadas à equação 01, proposta pela Embrapa (1997).

$$D_s = \frac{M_s}{V}$$ (Equação 1 densidade)

Sendo:

D_s = Densidade do solo (g/cm^3)

M_s = Massa seca (g)

V = volume do anel (cm^3)

3.5. Umidade do solo

Para avaliar os índices de umidade do solo nos diferentes ambientes e perfis, foi seguido o mesmo protocolo de coleta da densidade. O material coletado foi levado ao laboratório pesado e submetido em estufa para secagem a 105°C durante 24 horas. Depois de feito o procedimento acima descrito, o material coletado passou por uma segunda pesagem, agora seco. Para a determinação da umidade das amostras de solo, foi utilizada a equação da umidade gravimétrica para determinar o índice de umidade dos ambientes e dos perfis.

(Equação 2 umidade)

$$UG = \frac{MT - MS}{MS} . 100$$

Sendo que:

UG = Umidade Gravimétrica;

MT = Massa Total (Peso úmido);

MS = Massa Seca (Peso seco).

3.6. Resistência do solo

A resistência mecânica do solo a penetração foi avaliada através da utilização de um penetrômetro de impacto o qual registra a resistência do solo em perfil. Este aparelho de medida da resistência do solo é do tipo dinâmico, cuja penetração ocorre por impacto (STOLF et al. 2014).

O instrumento é equipado por uma haste com um cone na extremidade inferior, sendo que na parte superior possui um peso de curso constante (4,0 kg) para provocar a penetração da haste no solo através de impactos. O equipamento deve ser mantido na vertical para a realização das coletas. Ressaltamos que a cada batida é necessário registrar a quantidade de centímetros que a haste foi cravada no solo. Ao final da coleta temos uma planilha com o número de batidas e a profundidade que cada batida cravou a haste no solo.

Para processamento dos dados obtidos foi utilizado a metodologia proposta por Stolf (2011) a qual consiste na utilização de planilha Excel; e a linguagem de programação adotada, a Visual Basic Aplication (VBA), ambas da Microsoft. A utilização deste programa conforme STOLF et al., (2014) permite a confecção automática da tabela e do gráfico de resistência na medida em que se dá entrada aos dados de número de impactos e profundidade. Permite também a equalização da profundidade em camadas constantes, segundo a preferência do usuário, unificando todos os perfis em uma única tabela. Além disso, prevê a inclusão de uma coluna com o perfil médio de resistência acompanhada do respectivo gráfico. O penetrômetro de impacto foi utilizado para avaliar a resistência à compactação nas áreas de floresta e pastagem. Foram realizadas 20 coletas em cada local.

Já para avaliar os índices de resistência do solo nas áreas bioturbadas foi utilizado, um penetrômetro de bolso (Pocket Soil Penetrometer H-4200), o qual permite avaliar a resistência a penetração em Kg/f. A escolha deste equipamento deu-se devido a fácil

operacionalização e eficiência nos resultados. Foram mantidos o mesmo número de coletas em cada local.

3.7. Porosidade do solo

Foram aproveitadas as mesmas coletas de densidade de partículas para a identificação da porosidade do solo. Para este procedimento foi utilizado o método proposto pela Embrapa (1997) cruzando os dados de densidade de partículas com a densidade aparente conforme a equação 3.

(Equação 3:Porosidade)

$$P_t = \frac{Dr - Da}{Dr} * 100$$

Sendo:

P_t= porosidade total

Dr= densidade de partículas

Da= densidade aparente

3.8. Avaliação das classes granulométricas do material desagregado no dentro das bioturbações

A granulometria do solo vem a ser a distribuição de suas partículas constituintes, de natureza inorgânica ou mineral, em classes de tamanho. A granulometria representa uma de suas características mais estáveis, sendo determinada por meio da análise granulométrica.

Este procedimento foi adotado para avaliar a classe dos materiais após o solo ser revolvido pelos suínos. Para isso, foram coletadas 10 amostras (de 1 kg) de material, nas áreas bioturbadas, em cada ambiente, floresta e pastagem.

Após a coleta o material foi exposto para secagem ao ar ambiente por 48 horas para posterior processamento no agitador de peneiras por cinco minutos. Foram utilizadas as peneiras de malha 8, 4,2,1, 0,500, 0,250 e <0,250 mm.

3.9. Biomassa e densidade de raízes

Para obtenção do volume de biomassa verde das áreas de pastagem foi coletadas (cortadas) toda a vegetação (gramínea) da parte superficial do solo em 1m². Antes de realizar

o corte da gramínea retirou-se os materiais como galhos, grimpas ou folhas, a fim de coletar apenas a massa verde da gramínea.

As coletas foram realizadas nas pastagens abertas num total de 05 quadros cada um com 01 m², assim como nas áreas de pastagem sob cobertura florestal adotando a mesma quantidade de repetições.

Para a avaliação da densidade de raízes foi construído um quadro de 10 cm de altura, 10 cm de largura e 10 cm de profundidade com chapa de aço, este quadro foi introduzido a camada superficial do solo (10 cm de profundidade) e posteriormente retirado junto com a quantidade de solo e materiais que preencheram o volume do quadro.

Foram coletados cinco pontos em cada área de pastagem (pastagem e floresta), posteriormente este material foi levado para o laboratório, lavado sobre uma peneira para a retirada do solo e posteriormente as raízes foram secas e pesadas.O valor obtido foi dividido pelo volume total da amostra obtendo-se a quantidade de raízes em gramas por centímetros cúbicos (g cm3).

3.10. Avaliação hidroerosiva de áreas bioturbadas por meio de simulação de chuva

Para avaliar o comportamento hidroerosivo das áreas do criadouro comum foram realizadas simulações de chuva em diferentes locais com e sem influência das bioturbações ocasionadas pelos suínos.

O simulador de Chuva é um equipamento preparado para produzir chuva de intensidade controlada para simular uma situação em que é possível comparar o que ocorre quando há precipitação sobre superfície do solo com diferentes cenários de uso.

Outra vantagem da utilização de simuladores de chuva é o controle que se pode ter sobre as características da chuva, como diâmetro e distribuição das gotas, altura e tempo de queda, tempo de duração, intensidade e energia cinética, variáveis estas que não são possíveis em condições de chuvas naturais.

Para este procedimento foi utilizado um simulador de chuva com Bico multi gotas (SPRACO) instalado a uma altura de 4,57 metros, o qual é composto por canos e conexões de plásticos e ferro, manômetro para regular e controlar a pressão e uma bomba de água (2,5 HP). Este simulador abrange uma área de aproximadamente 06 m².

Para avaliar a dinâmica hidroerosiva foram realizadas simulações em 05 áreas, (tabela 01). Em cada simulação foram instaladas três parcelas (calhas coletoras) com

tamanhos iguais (0,5 m² cada). Estas parcelas foram construídas com chapas galvanizadas, que foram fixadas ao solo, aproximadamente 05 cm de profundidade, no sentido do declive. Formando uma estrutura isolada da área adjacente com saída para uma calha coletora.

Todo o fluxo de escoamento e sedimento foi cronometrado anotado e coletado a partir do seu início em potes, os quais foram enumerados e devidamente demarcados para posterior análise. Estas amostras foram levadas para laboratório e passadas pelo processo de evaporação em estufa para obter os valores de sedimento acumulado.

O tempo de cada simulação foi de 55 minutos, sendo monitoradas e controladas além da intensidade outras variáveis como temperatura e condutividade elétrica da água utilizada nas simulações. Os valores encontrados foram ponderados em escoamento l/m²/mme sedimento em g/m²/mm. Estas simulações foram realizadas no mês de fevereiro de 2016.

Tabela 2:Características das simulações nas diferentes áreas do criadouro comum.

Áreas	**Nº de Simulações**	**Nº total de parcelas**	**Nº de pluviômetros digitais**	**Intensidade Média (mm)**
Pastagem Aberta Sem bioturbação	02	06	06	22
Pastagem com Bioturbação	02	06	06	25
Pastagem com cobertura Florestal sem Bioturbação	02	06	06	26
Pastagem com cobertura Florestal com Bioturbação	02	06	06	24
Bioturbação Inativa	02	06	06	25

Foram escolhidas cinco áreas para avaliar a dinâmica hidroerosiva através das simulações de chuva, as quais juntas representam a dinâmica das áreas de circulação dos suínos, dentro do criadouro do Faxinal, sendo denominadas e caracterizadas como:

Pastagem Aberta- as áreas de pastagem representam cerca de 100 hectares, (36%) do criadouro comum, nestas áreas não há predominância de vegetação arbustiva, há somente a presença de vegetação rasteira (gramínea), com uma média de seis cm de altura. Alguns locais destas áreas não apresentam revolvimento ou impactos do fuçamento pelos suínos, sendo escolhidas para aplicação das simulações de chuva (Figura 9).

Figura 9: Simulação em áreas de pastagem aberta sem bioturbação.

Pastagem com bioturbação – esta categoria se apresenta dentro da área de pastagem, sendo caracterizadas como locais com grande interferência e impacto dos suínos em relação ao revolvimento do solo. Como descrito acima às áreas de pastagem apresentam vegetação rasteira (gramínea), este tipo de vegetação não é muito consumida pelos suínos, mas se observaram em campo que o mais apreciado são as raízes ou fauna presente nas camadas mais superiores do solo (minhocas, larvas, besouros entre outros). Na busca por estes alimentos os porcos revolvem grandes quantidades de solo, (Figura 10).

Figura 10: Parcelas após a simulação em pastagem bioturbadas pelos suínos.

Pastagem com cobertura Florestal sem Bioturbação – algumas áreas florestadas apresentam pequenas clareiras ou vegetação mais esparsa, sendo assim, o solo está recoberto por gramíneas e serrapilheira (Figura 11). As áreas com cobertura florestal apresentam bioturbações com dinâmicas heterogêneas às encontradas nas pastagens, sendo mais profundas e com diâmetros menores. Neste padrão, foram escolhidos os locais sem remobilização do solo para as simulações.

Figura 11: Simulação em Pastagem com cobertura Florestal sem bioturbação.

Pastagem bioturbada com cobertura Florestal – as áreas de floresta[4]do Faxinal Paraná Anta Gorda representam cerca de 140 hectares, (51%) do criadouro comum. Nestas áreas os animais circulam livremente. Nesta categoria de análise denominada Pastagem bioturbada com cobertura Florestal, observou-se que o revolvimento dos solos pelos suínos é incentivado pela procura a alimentos, principalmente frutos ou sementes depositadas na superfície do solo ou serrapilheira. As bioturbações destas áreas são mais profundas em relação às bioturbações das pastagens, devido a maior concentração de umidade do solo bem como da menor resistência à compactação. O revolvimento de solo nas florestas está diretamente ligado, a espécies de vegetação como, por exemplo, Araucária (*Araucária angustifólia*) e Guabirobeira (*Campomanesia spp*) principais árvores frutíferas encontradas no Faxinal.

Figura 12: Simulação em Pastagem bioturbada com cobertura florestal.

[4] Contabilizamos aqui como áreas florestadas somente as áreas de bosque e floresta secundária devido a maior movimentação e permanência dos animais.

Bioturbação Inativa – algumas bioturbação se apresentam Inativas, estas áreas foram assim denominadas, por terem sido bioturbadas e posteriormente abandonadas, não sendo mais revolvidas pelos suínos. Estes locais já tiveram o material solto removido pelas chuvas, e por algum condicionante não foram mais impactadas pelos suínos, apresentando aspecto de solo selado e com alguns vestígios de regeneração de gramíneas, (Figura 13). Esta classe é a que apresenta menor número em termos de área dentro do criadouro, visto que na maioria das vezes os porcos voltam a revolver estes solos.

Figura 13: Simulação em área bioturbadas inativas.

3.11. Análise Estatística

3.11.1. Análise de dados para o tempo e atividade praticada pelos suínos;

Para aferir o tempo que os suínos gastam durante o dia em função das variáveis predatórias: Ecossistema (pastagem, floresta e recurso hídrico), atitude dentro do ecossistema (repouso ou ativo); nas estações anuais (primavera, verão, outono e inverno) foram adaptados aparelhos de GPS em 04 animais.

Com base na matriz de dados calculou-se a média dos seis dias de amostragem por estação para cada um dos quatro animais (unidades amostrais - UA), entretanto os valores temporais de uma UA não foram aferidos por todo o período estipulado, assim os dados dessa UA foram obliviados e o experimento foi analisado com três UAs que constituíram três repetições. O tempo gasto em cada predatória (área, atitude dentro do ecossistema e estação anual) foi transformado em proporção conforme o período total de amostragem do respectivo período.

A modelagem do comportamento dos suínos em função das diferentes predatórias supracitadas deu-se por meio de um modelo linear generalizado misto (MLGM) em delineamento hierarquizado para distribuição gaussiana, essa técnica mescla análise de variância com modelos de regressão e permite capturar a estrutura de dependência amostral dos dados (mesmas UAs medidas em diferentes períodos) além de estimar a interação entre fatores que apresentam níveis distintos, caso do presente estudo, uma vez que a atitude do suíno (ativo ou repouso) está condicionada ao ambiente, pois não ocorre em seu nível repouso no recurso hídrico. Esse fato impossibilita análise de interação entre tais fatores em qualquer outro tipo de delineamento experimental.

As significâncias das predatórias foram determinadas pela análise de variância do MLGM, nesse contexto, apenas as predatórias significativas entraram no modelo de regressão. As premissas de gaussianidade dos resíduos e esfericidade foram aferidas pelos testes de Shapiro-Wilks e Mauchly. Para todos os testes valores de $p < 0,05\%$ foram considerados significativos. Os cálculos foram efetuados com o auxílio do software Statistica versão 7.

3.11.2. Análise de dados para o trajeto dos suínos

O delineamento do monitoramento foi do tipo inteiramente casualizado onde os suínos amostrados (três em todas as medições) formaram as unidades amostrais. O trajeto efetuado pelos animais foi considerado variável dependente e as estações do ano o fator (variável explicativa que apresenta quatro níveis: Primavera, verão, outono, inverno). Para comparação das médias os dados foram submetidos a análise de variância com medidas repetidas, uma vez que os mesmos porcos foram medidos nas diferentes estações. As médias foram contrastadas pelo teste de Fisher LSD. As premissas de gaussianidade dos resíduos e esfericidade foram aferidas pelos testes de Shapiro- Wilks e Mauchly. Para todos os testes valores de $p < 0,05\%$foram considerados significativos. Os cálculos foram efetuados com o auxílio do software Statistica versão 07.

3.11.3. Dados de simulação de chuva

O escoamento e a produção de sedimento foram modelados por meio de MLGM em delineamento hierarquizado onde as variáveis respostas foram produção de sedimento e escoamento e as predatórias foram: Ecossistemas (Pastagem e Floresta) e tipo de bioturbação

(ativa, inativa e inexistente), que por não apresentar o nível inativa no ecossistema de floresta foi modelada como condicionada ao tipo de ecossistema. A significância das predatórias foi determinada pela análise de variância do MLGM. As premissas de gaussianidade dos resíduos e esfericidade foram aferidas pelos testes de Shapiro-Wilks e Mauchly. Para todos os testes valores de $p < 0,05\%$ foram considerados significativos. Os cálculos foram efetuados com o auxílio do software Statistica versão 7.

3.11.4. Variáveis Biofísicas e espacialização dos dados

Para análise das variáveis biofísicas, compactação, densidade, umidade, porosidade e as dimensões métricas das bioturbações, foram utilizadas estatística descritiva (média e desvio padrão). Já a comparação de médias foi feita pelo teste de Tukey, considerando significativa a diferença até o nível de 5%.

A espacialização dos dados de rebaixamento de superfície e a expansão das bioturbações foram realizadas utilizando o software Surf® 8.0, para a construção dos cartogramas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Características físicas do solo em áreas de pastagem e floresta

As varáveis físicas dos solos das duas áreas de estudo, floresta e pastagem, apresentaram valores distintos, em relação à compactação, densidade aparente, porosidade e umidade (Figura 14).

Em relação aos valores de resistência a penetração na área de floresta, a média encontrada foi de 1,9 Mpa. Como se observa na figura 14A, as maiores resistências à penetração foram encontradas entre 15-30 cm de profundidade (2,1 Mpa), e a menor resistência na profundidade de 0-5 cm (1,8 Mpa).

Já na área de pastagem as médias de compactação foram 65% superiores aos da floresta. Os valores encontrados variaram de 2,9 Mpa (mínimo) na camada superficial, à 3,4 Mpa (máximo) na camada de 30 cm. Após os 05 primeiros cm, o valor se mantém em ascensão até 30 cm, quando demonstram uma tendência de redução.

Foi observado que a resistência à penetração que aumentou em direção as camadas mais profundas no perfil do solo em ambos os ambientes, até a profundidade de 30 cm, demonstrando uma tendência à redução em direção às camadas mais profundas.

Segundo Tormena (1998), os valores mais críticos de resistência à penetração são aqueles superiores a 2,0 Mpa, pois restringem o desenvolvimento radicular da vegetação e alteram as demais variáveis físicas.

A compactação do solo resulta em aumento na densidade do solo, redução na macro e microporosidade, contribuindo para redução da porosidade total (BEUTLER et. al. 2005). Neste caso a densidade aparente do solo apresentou variação média de 10% em relação aos ambientes, sendo observado valores com diferença significativa, apenas até a camada de 20 cm de profundidade (Figura 14 B).

Os valores médios encontrados nesta pesquisa nas áreas de pastagem (1,27g/cm³) são superiores aqueles encontrados por Thomaz e Dias (2011) em um trabalho com pastoreio em áreas de Faxinal, com valores de 1,10 g/cm³, e inferiores aos encontrados em uma área com dezenove anos de pastagem, (1,45 g/cm³), por CARDOSO et al. (2011).

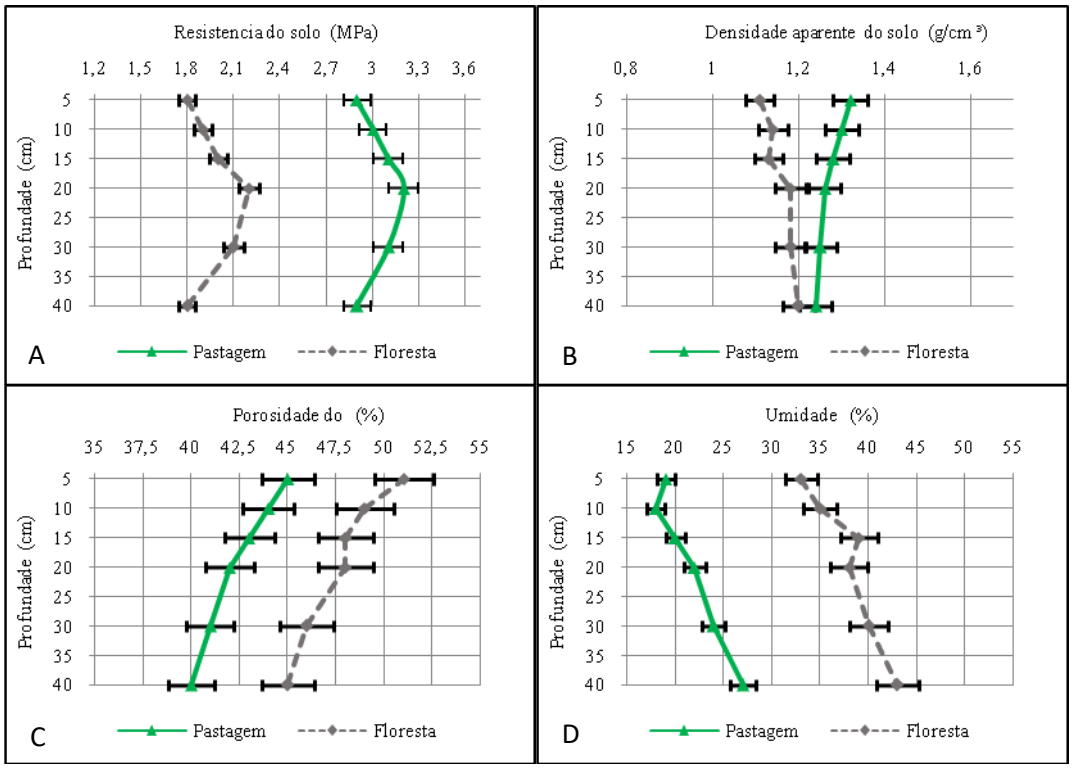

Figura 14: Variáveis Físicas do solo. A) resistência; B) densidade; C) Porosidade; D) Umidade.

Os dados referentes à porosidade (Figura 14 C), na área de floresta apresentaram uma média de 47,8%. A diferença de valores entre a primeira e última camada analisada foi de 13%, entre a menor porosidade (45%) na profundidade de 40 cm e a maior porosidade (51%) na camada superior 5 cm.

Quando comparados com a média da porosidade na pastagem, observamos uma redução de 12%. A camada superficial (05 cm) na pastagem apresentou valores de porosidade média de 45%, enquanto que a média desta mesma profundidade na floresta foi de 51% (13 % superior). Os valores inferiores de porosidade na pastagem apresentam relação com os valores superiores de densidade e resistência do solo, condizendo com valores encontrados por Lima et al. (2013).

A maior porosidade do solo nas primeiras camadas do perfil pode ser atribuída à presença de matéria orgânica e quantidade de raízes no solo, serrapilheira ou atividade de micro e macrofauna. Segundo Tavares Filho e Ribon (2008) a presença de serrapilheira aumenta os índices de matéria orgânica, porosidade e reduz a densidade.

A matéria orgânica permite maior agregação e coesão entre as partículas, aumentando os índices de vazios (poros), contribuindo para uma melhor infiltração e maior retenção de água (SPERA et al., 2010; SANTOS e PEREIRA, 2013).

A presença de vegetação e serrapilheira também contribuem para retenção e manutenção de umidade no solo. Na área de floresta, a média de umidade do solo foi de 38%, e os maiores valores foram encontrados nas camadas abaixo de 20 cm. Média 57% superior à encontrada nos ambientes de pastagem.

Os menores valores em relação à resistência, densidade e porosidade refletem em uma melhor absorção de água no ambiente de floresta, bem como a manutenção da umidade mantida pela presença de serrapilheira.

Nos ambientes de pastagem, como não há presença considerável de vegetação arbórea, não há deposição de serrapilheira, ocorrendo apenas à presença de pasto, portanto os índices de umidade são menores em relação a floresta. A espécie de pastagem que predomina nas áreas de Faxinais é a *Paspalum notatum Flugge*, vulgarmente chamada de Grama-forquilha, que apresenta boa adaptabilidade a solos com baixa fertilidade ou pisoteio de animais (LORENZI e SOUZA, 2000).

Os principais problemas relacionados a degradação dos solos estão condicionados a má gestão dos mesmos, os quais perecem frente as pressões exercidas pela trafegabilidade de maquinários ou pisoteio de animais.

No caso das áreas de pastagem, o pisoteio dos animais pode causar efeitos adversos sobre as propriedades físicas do solo, diminuindo a porosidade, refletindo no movimento de água e ar no perfil, bem como nas perdas de solo. DREWRY et al. (2008), contribuem com esta questão ao afirmarem que os animais muitas vezes provocam mudanças negativas na estrutura do solo, principalmente em relação as camadas mais superficiais.

A quantidade de gramínea nas áreas de pastagens foi em média de 700 ±160 g/m², valores 280% superiores aos encontrados no ambiente de floresta, 250 ±72g/m². Assim como a densidade de raízes[5], que apresentaram valores médios de 0.32±10 g/cm³ contra 0.10±0,3 g/cm³ na pastagem e floresta respectivamente.

O aumento da densidade de raízes no ambiente de pastagem pode ser atribuído à estrutura da gramínea, que apresenta uma camada concentrada de raízes na superfície. Já na floresta a baixa disponibilidade de luz diminui os índices de volume de biomassa verde e consequentemente os volumes de densidade de raízes.

Corroborando com esta pesquisa, Oliveira et. al. (2018), encontraram uma correlação positiva entre a disponibilidade de luminosidade e volume de biomassa verde nos ambientes de floresta e pastagem no sistema de faxinal, assim como, Gossner (2009) também observou

[5] Densidade de raízes, somente em relação aos dez primeiros cm de profundidade.

que a maior intensidade e disponibilidade de luz perto do solo em locais onde a vegetação era mais esparsa, resultou em maior diversidade de plantas.

Neste contexto há uma reação em cadeia na floresta, na qual a vegetação influencia na distribuição de luz no piso florestal e contribui com o aumento da matéria orgânica nas primeiras camadas do solo. Esta condição reflete na menor disponibilidade de pasto, o que pode reduzir o pastejo dos animais nesse ambiente (floresta).

Portanto, a variação na disponibilidade de pasto pode ter influenciado nas variáveis físicas avaliadas nos dois ambientes, pois a resistência à penetração, densidade, porosidade total e umidade indicaram os piores índices na área de pastagem.

4.2. Monitoramento do movimento dos suínos no interior do criadouro

Nos últimos anos o Faxinal tem vivenciado um aumento da pressão e inserção de novos modelos produtivos, ocasionando neste sistema tradicional o aumento de sua fragmentação.

Foi observado que a pressão dos modelos produtivos e econômicos, tem provocado à diminuição do perímetro de uso comum, devido à privatização[6] de áreas ou o fechamento do limite da propriedade por parte de alguns faxinalenses, que não desejam mais aderir a este sistema.

Isso tem provocado uma maior pressão e degradação neste sistema silvopastoril, onde ocorre a interação entre os recursos florestais e a criação de animais a solta (sem limites entre as propriedades).A criação de animais no faxinal tem alguns propósitos, sendo, a criação de cavalos para o trabalho nas áreas de agricultura, o gado para a produção de leite e carne assim como as cabras e os porcos. Frente a estas espécies, a criação de porcos se destaca, pela facilidade de criá-los, praxes culturais, ou maior durabilidade e facilidade de armazenamento da carne e/ou subprodutos. No Faxinal Paraná Anta Gorda em levantamento realizado, foi encontrada uma população de cerca de 1500 suínos, aproximadamente 5,4 UA/ha.

Corroborando com esta questão o Emater (2010), destaca que a criação de porcos caipira, está presente na maioria das propriedades dos agricultores familiares, esta forma de criação está associada à subsistência, por meio do aproveitamento da banha e da carne, para atender o consumo familiar e vender os excedentes.

[6]Venda de propriedade por parte dos faxinalenses para a construção de chácaras, ou segunda residência, principalmente para pessoas da área urbana do município.

O modo de criação dos suínos no faxinal se destaca por estes serem criados à solta dentro da área do criadouro comum. Durante todo o período diurno os porcos têm acesso livre a todo o limite do criadouro e ao anoitecer retornam para suas propriedades para pernoitar dentro das pocilgas. A única fase em que ocorre o confinamento é para o processo final de engorda, aproximadamente 45 dias antes do abate.

Segundo os faxinalenses este sistema de criação de suínos ao ar livre pode trazer uma economia de 70% nos custos de engorda, o que viabiliza a manutenção e criação dos suínos perante outras espécies.

Através do monitoramento foi possível observar pelos dados coletados e analisados duas principais variáveis em relação à etologia dos suínos, o trajeto percorrido e o tempo de permanência nos diferentes ambientes do Faxinal.

Em relação ao trajeto percorrido pelos suínos, a predatória mais preponderante, é as estações do ano. A sazonalidade interferiu cerca de 71% na distância percorrida pelos suínos durante o dia, bem como no total de dias monitorados. Esse valor é comprovado mediante o coeficiente de determinação R^2, extraído do modelo linear generalizado misto (Tabela 3).

Tabela 3: Coeficientes de determinação do modelo linear generalizado misto para a variável resposta trajeto em função da predatória estações do ano

Variavel resposta	**Correlação de Pearson (r)**	**Coeficiente de determinação (R^2)**	**Coeficiente de determinação ajustado (R^2)**	**Teste F**	**Valor de p**
Trajeto em 6 dias (m)	0,89	0,79	0,71	9,86	<0,01

Os resultados do monitoramento demonstraram que nas estações onde as temperaturas foram mais elevadas, os suínos percorrem maiores distâncias em relação às estações que apresentaram temperaturas inferiores. Durante a primavera e verão, os porcos percorreram distâncias médias diárias de 7220 e 6530 metros, já em relação ao outono e inverno as médias obtidas foram de 5800 e 4617 metros respectivamente.

O menor trajeto percorrido na estação de inverno pode estar condicionado a menor necessidade de obtenção de alimentos no meio, visto que neste período há uma complementação na alimentação dos suínos por parte dos faxinalenses. Essa complementação passa a ser 30%maior em relação a outros períodos, (informações dos próprios faxinalenses).

Nesta conjuntura, observaram-se três padrões bem distintos, sendo um de maior diferença (comportamental e estatístico), em relação à primavera e inverno ($\neq$ 36%) e outro em relação às estações de verão e outono, que embora apresentem uma pequena variação

(12%), estatisticamente não se diferem, e o terceiro que é a proximidade de valores entre as três primeiras estações. (Figura 15).

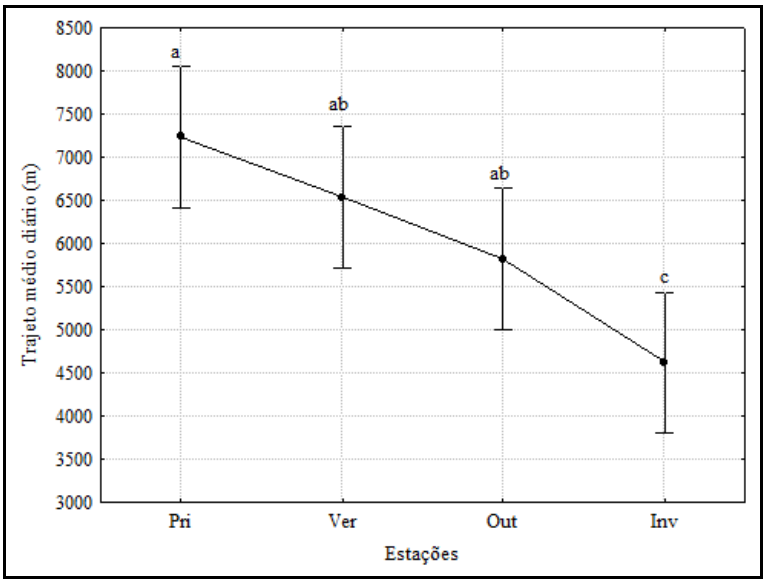

Figura 15: Redução do trajeto médio diário dos Suínos em relação às estações do ano

Hartley et al. (2015), monitorando javalis na Louisiana e Mississipi, encontraram valores de menor mobilidade no período de inverno em Javalis fêmeas, mas em relação aos machos não encontraram diferenças de trajeto trilhado, em relação as estações. No caso dos suínos do faxinal, o comportamento é idêntico para ambos os sexos[7], com exceção do suíno reprodutor, o qual percorre maiores distâncias.

Os mesmos autores encontraram valores médios percorridos pelos javalis de 74,5 m/h ao longo do monitoramento, valores 8,5 vezes inferior aos encontrados neste estudo que foi de 634 m/h.

Em relação ao tempo de permanência foi observado através do modelo linear generalizado misto que existem mais de uma predatória condicionante, pois neste caso, as estações do ano são preponderantes nos ambientes, e estes nas disponibilidades de recursos. (Tabela 4).

Tabela 4: Análise de variância do modelo linear generalizado misto para a variável resposta tempo gasto em função dos fatores estações do ano, ambientes e atividade

Fatores	**Soma dos Quadrados**	**Graus de liberdade**	**Quadrados Médios**	**F**	**P**
Estações	0,34	3	0,11	0,11	0,96
Ambientes(Estações)	4826,77	8	603,35	561,85	<0,01
Atividade(ambientes(estações))	6879,35	8	859,92	800,77	<0,01

[7] Os porcos machos são todos castrados, deixando apenas um ou dois reprodutores por propriedade.

As estações interferem diretamente nos ambientes, principalmente em relação à disponibilidade de alimentos, e consequentemente nas atividades dos suínos.Os suínos permaneceram parte do tempo em movimento e parte em repouso. Durante o movimento, os mesmos consumiram alimentos encontrados expostos no ambiente, como pequenos animais (invertebrados) e frutos. Já durante o tempo de repouso, apresentaram dois tipos de comportamento, um ficando parados e outro se chafurdando.

A formação gregária se dá pela proximidade da residência, e pelo vínculo familiar dos suínos. Como a espacialização das residências ocorre por toda área do criadouro, há neste sentido a presença de suínos por todos os locais.

Para análise do tempo de permanência, foram criados três setores, floresta, pastagem e recurso hídrico, cada setor foi dividido em dois contextos, atrelados às atividades dos suínos, movimentação ou repouso, com exceção para o repouso no recurso hídrico, visto que não se observou está dinâmica diretamente dentro dos rios.

Por meio desta setorização como se observa na Figura 16, o tempo em movimento se destaca em todas as estações na floresta e na pastagem, excetona primavera no ambiente de pastagem.

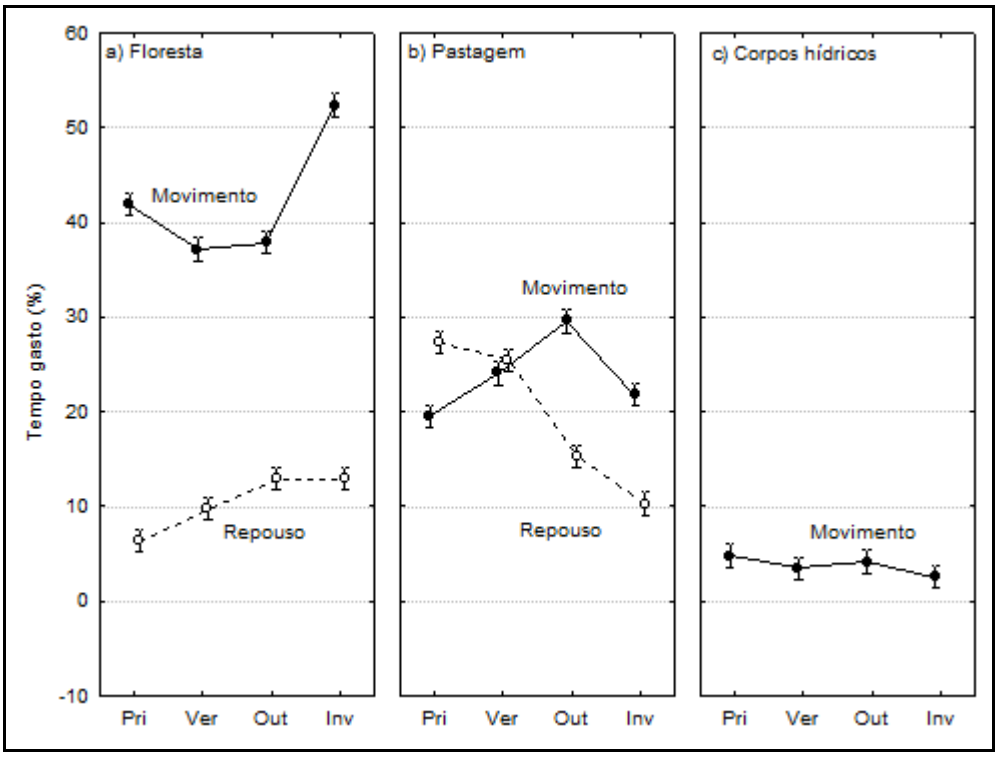

Figura 16: Relação do tempo gasto em cada ambiente e as atividades dos suínos.

Durante o período de inverno, os suínos tiveram uma movimentação cerca de 100% superior na floresta em relação à pastagem, já o tempo que permaneceram em repouso foi semelhante em ambos as áreas, cerca 12% na floresta e 10% na pastagem.

Está maior permanência na floresta está atrelada, a maior disponibilidade de alimentos, visto que este ambiente apresenta menores declínios em relação à variabilidade dos elementos climáticos. Nos locais com cobertura florestal a vegetação rasteira (pasto) não é afetada diretamente com as geadas.

O conforto térmico é outro elemento condicionante, segundo Martini, (2015) mesmo no inverno, a floresta proporciona condições de conforto térmico, apresentando menores incidências de ventos e uma sensação térmica mais agradável.

Em relação ao outono, o tempo gasto tanto em relação à movimentação como em repouso foram similares nos dois ambientes, 39 e 30% em movimento e 12 e 13% em repouso nos ambientes de floresta e pastagem respectivamente.

Este aumento do tempo no ambiente de pastagem pode estar condicionado à presença do pinhão, semente da araucária (*Araucária angustifólia*), que são frequentes nestes locais e que tem sua maturação neste período.

Em relação à primavera, o tempo em movimento no ambiente de floresta volta a se elevar (42%) contrapondo-se com o declínio na pastagem (20%). Nesta estação foi possível observar os menores valores de repouso na floresta (8%) e os maiores no ambiente de pastagem (26%), este comportamento pode estar atrelado à transição de estação, onde o ambiente de pastagem pode apresentar melhores confortos em relação aos índices de insolação e temperatura.

Outra variável que está atrelada ao tempo de repouso em locais de pastagem é a presença da Guabirobeira (*Campomanesia spp*), que frutifica neste período. Este fruto é muito apreciado pelos suínos, e é encontrado em arvoredos cercados por pastagens.

No verão, os suínos passaram mais tempo se movimentando no ambiente de floresta, seguido da pastagem. Já o tempo de repouso, foi 100% superior na pastagem em ralação à floresta. A disponibilidade de pasto e alimento é mais presente na pastagem, visto que o período de rebrota tem início na primavera e ápice no verão, condicionados pelas maiores temperaturas e frequência pluviométrica.

No setor denominado recursos hídricos, embora não ocorrendo diferença significativa nos resultados, foi possível observar um diferencial do número de incursões a este setor, nos meses com temperaturas mais amenas, outono e inverno os suínos procuram os recursos hídricos em torno de duas vezes[8], e nas demais estações cerca de quatro vezes ao dia.

[8] Outono e inverno (entre 07 e 08h30min e entre 12 e 13h30min), primavera e verão, (entre as 07 e 08h30min, 11 e 13h00min, 14h30min e 15h30min e entre às 16h30min às 18h00min).

Como destacado acima, os suínos têm livre acesso em todo o perímetro do criadouro comum, percorrendo diversos lugares em busca de alimento e dessedentação. O comportamento dos porcos do faxinal se resume a cerca de 75 % do tempo em movimento e 25% em repouso.

Portanto, não há um fator determinante na movimentação e/ou repouso dos suínos ao longo ano e, sim vários fatores que influenciaram nesses dados. A variação da temperatura ao longo do ano pode interferir na disponibilidade de pasto, e no conforto térmico.

4.3. Espacialização e características das áreas bioturbadas

No criadouro comum foi encontrada duas dinâmicas de degradação ocasionadas pelos suínos, a primeira está relacionada a perturbação no solo nos ambientes de floresta e pastagem e a outra em locais que apresentam uso intenso. Este último, apresentando-se como locais próximos a residências e áreas de borda (cercas).

No ambiente de floresta e pastagem, a espacialização das bioturbações está condicionada à procura de alimentos, neste sentido os suínos revolvem grandes quantidades de material (solo, gramínea e serrapilheira), para exumar qualquer material que possa ser consumido.

A dinâmica destas bioturbações está atrelada as condições físicas (resistência a penetração, densidade do solo e índices de umidade) do local. Já o setor de ocorrência tem relação com a sazonalidade, espécies frutíferas e disponibilidade de pasto.

Os locais próximos das residências e áreas de bordas apresentam perturbações constantes pelos animais, promovendo exposição de raízes, bem como locais com acúmulo de água e sedimento (lama), (Figura 18 A). Também são locais em que os suínos permanecem a espera de alimentos disponibilizados pelos faxinalenses ou para ser recolhidos nas baias para pernoite. Nestes espaços é observado também o surgimento de depressões no solo que acumulam lama e são utilizadas pelos suínos para chafurdamento.

Na Figura 18, B e C é possível observar o solo e gramíneas revolvidas pelos suínos em locais de pastagem. Neste ambiente as perturbações são mais superficiais e abrangentes. Nas figuras D, E e F, as bioturbações estão condicionadas a locais que apresentam algumas espécies frutíferas, como o caso da guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa*), a qual produz uma fruta muito apreciada pelos suínos. Esta *Myrtaceae* tem período produtivo no final de outubro até meados de dezembro.

Além da guabiroba outras espécies são influentes como a araucária (*Araucária angustifolia*), que produz uma semente que também é muito apreciada por vários animais dentre eles os porcos criados no faxinal.

Mesmo após o período produtivo observa-se movimentação e perturbações nestes locais, isso pode estar atrelado ás condições físicas do solo, (maior umidade, solo revolvido e presença de serrapilheira).

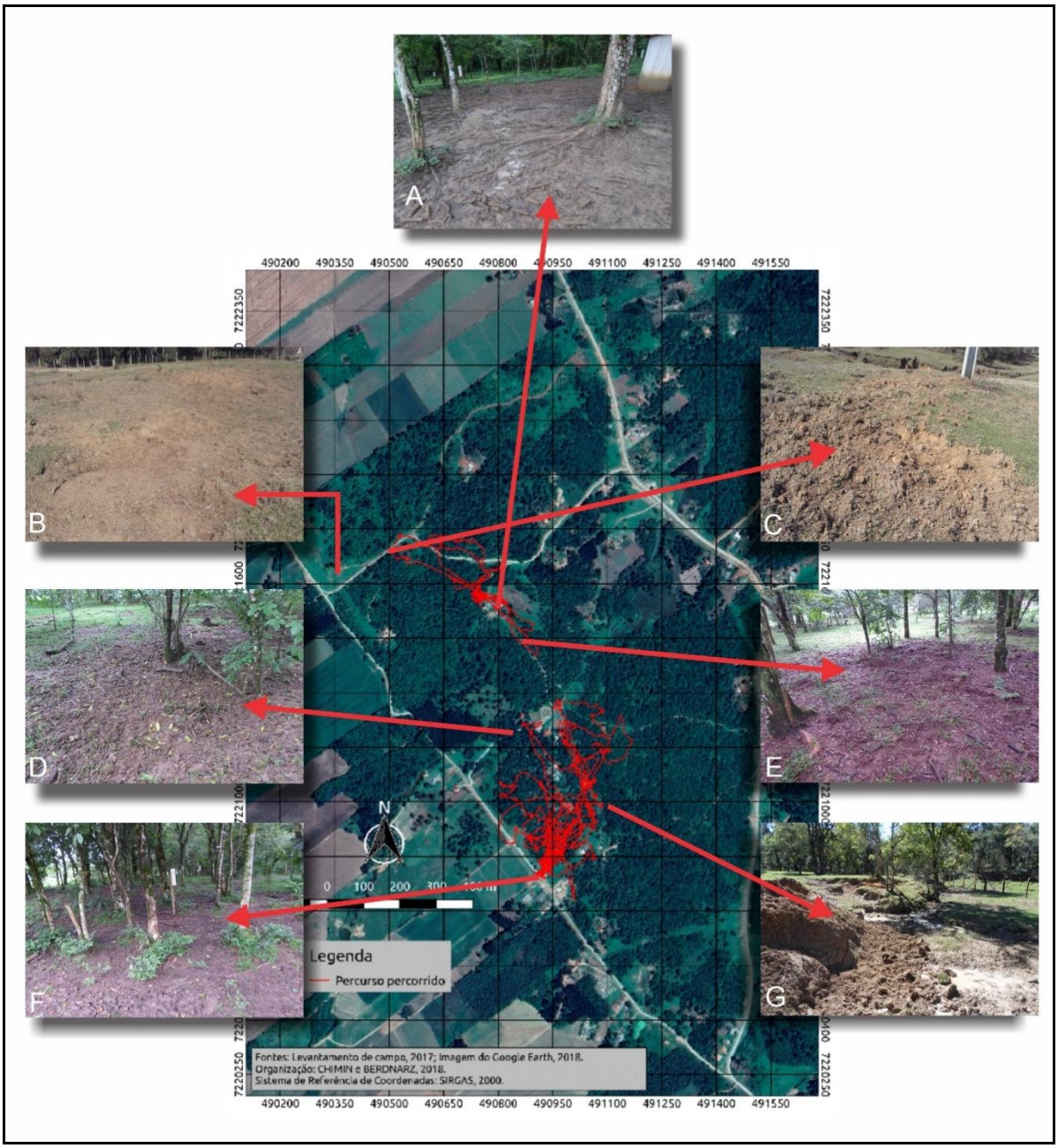

Figura 17:Espacialização e características de locais perturbados pelos suínos.
A) locais perturbados próximo a residência; B e C) áreas de pastagem revolvidas pelos suínos; D, E e F) áreas com vegetação impactadas pelo suínos a procura de alimento; G) locais próximos ao recurso hídrico.

Outros locais procurados pelos suínos e que também apresentam perturbações são áreas próximas aos recursos hídricos Figura G. A menor estabilidade do solo, permite que os suínos revolvam grandes quantidades de material em pouco tempo.

4.4. Caracterização das bioturbações nos ambientes de floresta e pastagem

Durante o movimento, os suínos buscam alimentos expostos na superfície do solo, sob troncos-pedaços de vegetação,serrapilheira, ou revolvem grandes quantidades de materiais (solo), para exumar raízes ou pequenos invertebrados. Já durante o repouso chafurdam em áreas com presença de água ou lama ou permanecem parados,na maioria das vezes em locais já perturbados.

Em relação ao número total de bioturbações observadas em cada área, a floresta se sobressai perante a pastagem, porém em metros bioturbados o ambiente de pastagem é que apresenta maior destaque. Foram avaliadas 200 bioturbações na pastagem e na floresta, buscando o lineamento referente à largura, comprimento, profundidade e composição do material. Como as áreas de pastagem e floresta apresenta dinâmicas diferentes em relação à qualidade física do solo, isso refletiu na configuração das bioturbações.

Conforme a Tabela 05, a área de floresta apresentou bioturbações com valores médios inferiores em relação à largura e comprimento, mas, em contrapartida os valores de profundidade foram superiores, quando comparados com a pastagem.

Tabela 5:Dinâmica das bioturbações

Variável	**Largura (cm)**		**Comprimento (cm)**		**Profundidade (cm)**	
	Floresta	**Pastagem**	**Floresta**	**Pastagem**	**Floresta**	**Pastagem**
Média	92 ± 47	248 ± 132	82 ± 37	274 ± 209	24 ± 9	10 ± 4
Máxima	220	600	220	800	55	18
Mínima	19	50	20	45	9	3

Número de observações, 200.

A redução dos níveis de resistência, à penetração, e maiores índices de umidade dos solos no ambiente de floresta, permitiram com que os suínos promovessem perturbações mais incisivas. Já no ambiente de pastagem, a maior resistência, maior densidade e menores porcentagens de umidade do solo (entre 10 e 30 cm) dificultou a remobilização de camadas mais profundas. Neste contexto os porcos revolveram os perfis mais superficiais e promovendo perturbações mais rasas e com maiores dimensões.

A diferença em relação a qualidade física dos ambientes condicionou a dinâmica das perturbações, assim as bioturbações nas florestas se caracterizaram com sendo, mais estreitas,

compridas e profundas, diferenciando da pastagem, que apresentam dimensões maiores, porém mais rasas conforme a Tabela 6.

Tabela 6: Classificação das bioturbações avaliadas

	Largura		Comprimento		Profundidade	
Classes(cm)	**Floresta**	**Pastagem**	**Floresta**	**Pastagem**	**Floresta**	**Pastagem**
<25	04	12	05	04	132	195
26-50	45	04	37	02	67	05
51-100	81	08	117	18	01	nr
101-150	45	10	31	18	nr	nr
151-200	22	24	07	14	nr	nr
201-250	03	12	03	10	nr	nr
251-300	nr	10	nr	22	nr	nr
>301	nr	120	nr	112	nr	nr

Número de observações e coleta, 200; nr = não registrado.

Em síntese observa-se que o ambiente de floresta apresentou um maior número de bioturbações concentradas nas classes de 26 a 200 cm de largura e 51a150 cm de comprimento. Quando comparado com o ambiente de pastagem nota-se que a maior concentração ocorreu na classe acima de 301 cm. Já em relação às profundidades, 66% da bioturbações no ambiente de floresta foram classificadas <25 cm, contrapondo com 97% encontradas na pastagem.

Os valores referentes às variáveis das bioturbações encontrados no faxinal são superiores aos encontrados por Hancock e Dever (2017), que durante cinco anos de monitoramento em uma bacia no Norte da Austrália, observaram perturbações causadas por suínos selvagens com médias de 48 e 33 cm de comprimento e largura respectivamente, assim como valores máximos de 400 cm para as mesmas variáveis.

As escavações no solo produzem mudanças de rugosidade na superfície que podem alterar a dinâmica do fluxo hidrológico e de sedimentos (MARCHAMALO et al. 2016), bem como reduzem a conectividade hidrológica da encosta (HANCOCK et al. 2015).

Como representado acima, cada ambiente apresentam diferenças em relação às variáveis físicas do solo, isso reflete na composição do material que é remobilizado pelos suínos.

O material encontrado nas bioturbações da pastagem era formado por aglomerados de solo e raízes da gramínea. Cerca de 43 % do material revolvido apresentou diâmetros acima de 08 mm, destes 13% eram restos de vegetação. No ambiente de floresta a porcentagem retida nesta classe foi de 28%, sendo 6% serrapilheira. Como se observa na

Figura 18, apenas as classes 8. 4 e 1 mm apresentaram diferença significativa entre os ambientes.

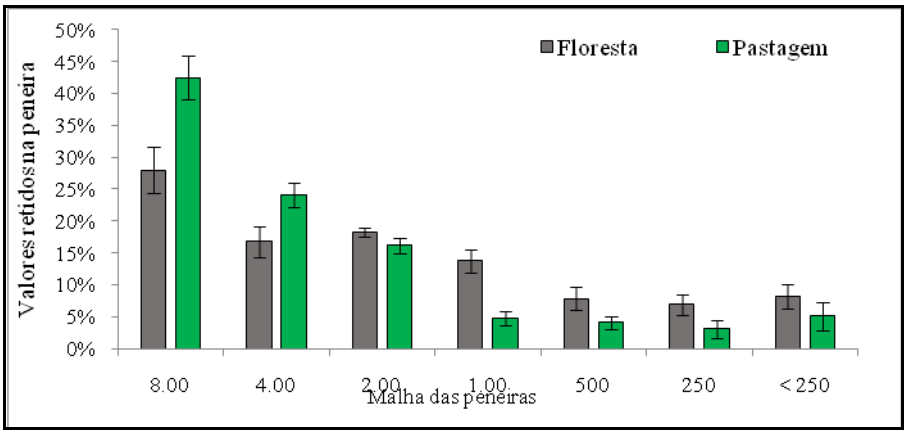

Figura 18: distribuição de classes de materiais
Número de observações,200.

A estrutura radicular da gramínea juntamente com a maior compactação na área de pastagem fez com que os suínos removessem blocos maiores em relação ao ambiente de floresta. Além disso, nas bioturbações em pastagens foram produzidas frações menores a partir da classe de 1 mm em comparação à floresta. Por outro lado, na floresta a desagregação do solo ocorreu de forma gradual das classes maiores para as menores

4.5. Perdas de solo em ambientes com bioturbação intensa: mensuração volumétrica

Além das bioturbações no ambiente de floresta e pastagem foram monitoradas áreas que apresentaram pressão e revolvimento constante pelos animais do faxinal. Estes locais estão próximos as residências ou em áreas de borda (próximo às cercas do perímetro do criadouro, ou das propriedades).

No geral, essas áreas são manchas/cicatrizes de solo degradado por pisoteio. Dessa forma, esses locais foram denominados de ambientes com uso intenso, por apresentarem altos índices de degradação, como solo exposto, erosão, áreas de chafurdamento e por serem influenciados diariamente pelos animais.

Foram registradoscerca65 áreas com estas características, totalizando aproximadamente 2,6 ha. As alterações dos atributos físicos como: compactação, exposição e

remoção indireta de solo, não são ocasionadas somente pelos suínos, estes são responsáveis pela remobilização e chafurdamento que ocorrem nestes locais.

Ao avaliar as perdas de solos de oito áreas com essas características foram encontrados valores médios de rebaixamento de 4 cm/ano. Foram monitoradas também quatro áreas sem bioturbações dentro da floresta, a fim de comparar os índices encontrados (Área 00, Tabela 07). Dentre estes, dois locais acabaram ao longo do período sendo bioturbados, portanto foram sendo retirados da análise.

Tabela 7:Rebaixamento da superfície do solo

	Área 00	**Área 01**	**Área 02**	**Área 03**	**Área 04**	**Área 05**	**Área 06**	**Área 07**	**Área 08**	**Precipitação (mm)**
Primeiro semestre	0±0	2±1.2	1.4±2.1	3±2.4	1.3±2.1	2±1.4	2.2±2.1	2±1.5	4±2.2	1209
Segundo Semestre	0.2±0.2	1.7±3	2±2.3	3±1.1	1.1±2.2	1.5±1.6	1.1±1.8	4±1.4	2±1.4	814
Terceiro semestre	0.3±0.2	1.2±3.1	1.2±3.3	2±2.2	1.5±1.4	2±2	1.7±2.2	3±1.6	2±1.6	1151
Total rebaixado (cm)	0.5	4.9	4.6	8	3.9	5.5	5	9	8	-
Densidade aparente do solo (g/cm3)	1.20	1.40	1.41	1.39	1.36	1.42	1.38	1.38	1.39	-
Solo removido (kg/m²)	6	68.6	64.8	111.20	54.21	78.10	69.00	124.20	111.20	-
Compactação Kg/f	2.8	4.5	4.5	4.0	4.5	4.5	4.0	4.5	4.5	-
Média de solo removido (kg/m²/ano)	**4.0**	**45.7**	**43.2**	**74.1**	**36.1**	**52.0**	**46**	**82.8**	**74.1**	

Número de observações e coleta, 85.

Os valores médios de remoção de solos encontrados nos locais com uso intenso foram de 56 kg/m²/ano, estes foram 14 vezes superiores aos valores médios das áreas não revolvidas ou pressionadas constantemente pelos suínos.

Estes valores foram 100% superiores aos encontrados por Dias e Thomaz (2011) em um trabalho de avaliação do impacto do gado em erosão de margens em ambientes de faxinal. Também apresentaram taxas de rebaixamento médio de 200% vezes superiores as encontradas por Cull etal 1992; Erskine e Saynor, 2000; Heimsath etal.2009 e Hancock e Lowry, 2016, em ambientes com presença de porcos selvagens.

Como destacado acima, estas áreas representam cerca de 2.6 ha do criadouro comum, mas produzem uma grande quantidade de sedimentos. A quantidade de solo removida é resultado da pressão do pisoteio dos animais (TORRES et al. 2009), que direcionam seu peso nos cascos os quais através das bordas desagregam as partículas da superfície do solo.

Em síntese, nota-se que a maior presença e concentração de animais em um único espaço, desencadeia efeitos adversos a manutenção da qualidade física dos solos em áreas do criadouro comum, estes efeitos geram perdas de grandes volumes de sedimentos.

4.6. Produção de microrelevos ocasionadas pelos suínos

O reconhecimento pelos geomorfólogos do importante papel dos organismos vivos, plantas, microorganismos pequenos ou grandes animais nos processos geomorfológicos ganharam destaque após o surgimento da biogeomorfologia.

As espécies transformam o ambiente, através da construção de seu habitat, percurso ou por instinto, em diferentes escalas temporais e espaciais promovendo mudanças na morfologia superficial.

No caso dos suínos no Sistema Faxinal foi observado que os mesmos promovem mudanças de superfície através do hábito de fuçar e revolver o solo, para encontrar alimentos ou criar ambientes para manter equilíbrio térmico.

A mudança morfológica da superfície pode ser observada pela figura 19, que retrata o estágio inicial (I) dos ambientes avaliados e o estado morfológico após dezoito meses (F).

Estes ambientes como destacado acima, apresentaram perturbações constantes por estarem próximos das residências ou locais de borda. Neste sentido a pressão dos animais acaba promovendo uma degradação mais incisiva. Destaca-se ainda que estes ambientes têm solos totalmente e permanentemente expostos.

No caso do ambiente 01 (Figura 19 01A), os 100 m² apresentavam no início do monitoramento 4,5 m² (5%) de perturbação, com profundidades médias de 10 ±3,5 e máximas de 15 cm. Após dezoito meses este mesmo local apresentou um acréscimo de 3,3 vezes de área bioturbada (15m²) e os valores médios passaram para 13 ± 9,3 cm de profundidade.

O ambiente 02 apresentou um acréscimo de 1,6 vezes entre o estado inicial e final. O total inicial bioturbado passou de 12 para 29 m². Neste local foi possível observar também mudança espacial, bem como as bioturbações mais profundas 18 ±6 cm.

Já o ambiente 03, foi o local que apresentou maior número de perturbações tanto inicial (09) quanto ao final (16), passando de 5,5 para 12,5 m² perturbados. Em relação às profundidades médias os valores iniciais foram 12 ±4, e finais de 22 ±9 cm.

As mudanças observadas no 4° ambiente estão apenas relacionadas à espacialização, pois os valores métricos (largura e cumprimento), iniciais e finais se mantiveram na mesma

proporção, havendo alterações superiores de 250 % em relação ao início e a última mensuração na profundidade.

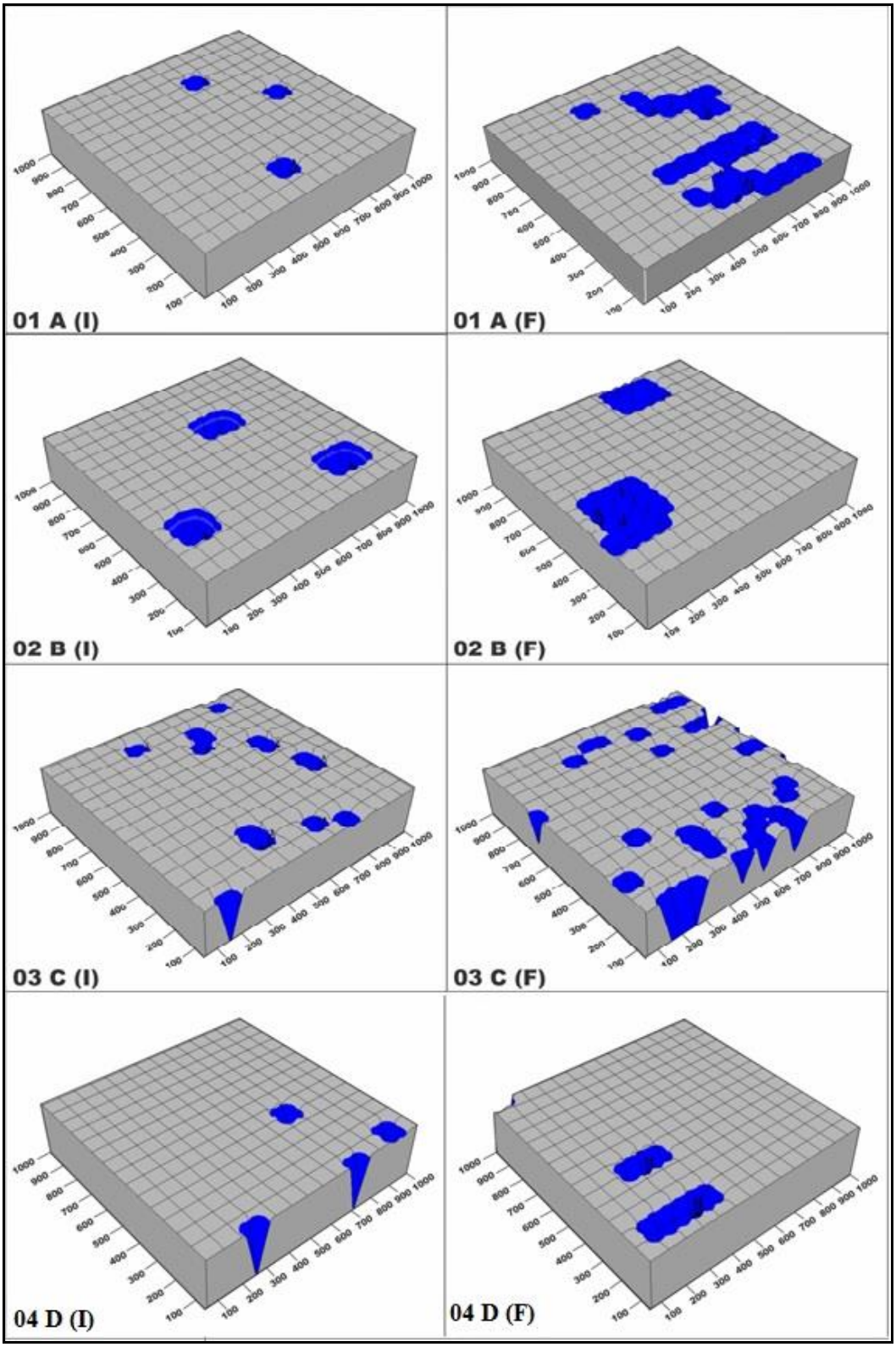

Figura 19: Evolução temporal da modificação da superfície do solo pelos suínos.
Letra (I) condição da superfície no início do monitoramento; Letra (F), situação após 18 meses.
Cor cinza representa superfície exposta, cor azul bioturbações criadas pelos suínos.

Os suínos provocaram perturbações no solo à procura de alimento, e também para posteriormente as utilizar para chafurdamento. O hábito de se apropriar ou criar perturbações na superfície do solo para chafurdamento é observado em muitas espécies, como rinocerontes, elefantes, búfalos, hipopótamos e suínos.

O chafurdamento pode ser breve, apenas o tempo suficiente para cobrir a pele com lama como proteção contra moscas, ectoparasitas, ou para termo regulação durante os períodos quentes e secos (GRAVES 1984).

No caso dos suínos a motivação mais forte para chafurdar é a regulação da temperatura, visto que estes animais têm poucas glândulas sudoríparas e gordura corporal elevada que armazena calor. Segundo Bracke (2006), o ato de chafurdar reduz a temperatura corporal dos suínos em 2 ^{0} C. Para o autor, o banho de lama proporciona maior sensação de frescor para o animal que a água, pois a lama reveste o corpo e evapora mais lentamente.

Olsen et al. (2001) observaram que suínos em crescimento e em processo de engorda apresentaram comportamento de chafurdar mesmo com temperaturas baixas, no entanto quando as temperaturas ultrapassaram 15° C, houve um aumento de frequência deste ato. Corroborando com esta questão McGlone (1999) afirmou que durante temperaturas elevadas, os suínos podem permanecer chafurdando por períodos muito longos, se afastando apenas para atividades necessárias, como alimentação e amamentação.

Algumas bioturbações acumulam água e servem para que os suínos se chafurdem nestes locais, (Figura 20). Isso aumenta os índices de degradação principalmente relacionados às perdas de solo.

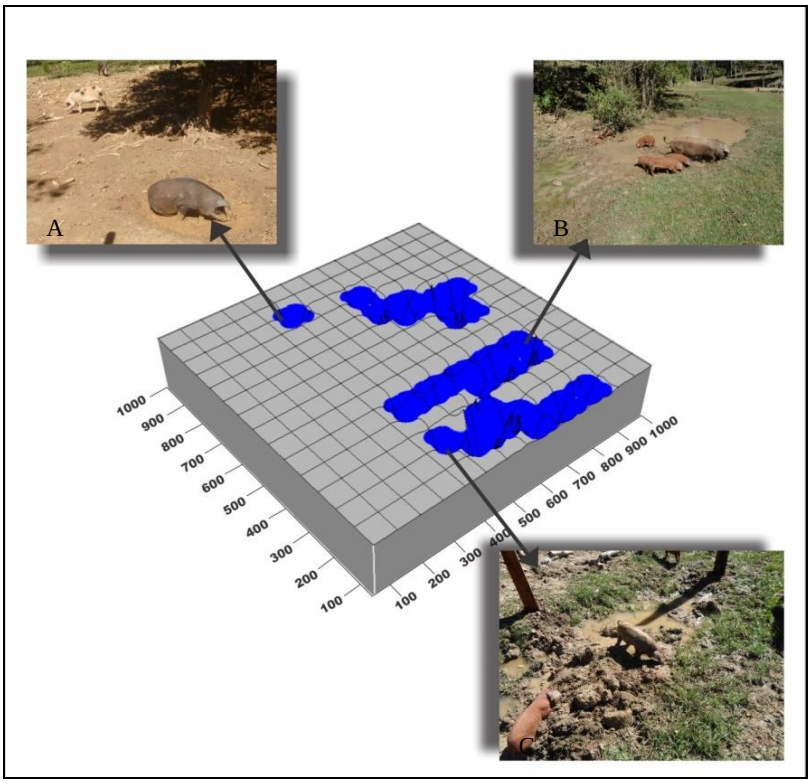

Figura 20: Suínos chafurdando em locais bioturbados com concentração de água e lama.
A) Poça de lama formada em ambiente chafurdado; B) Fêmea e leitões em local com acumulação de água; C) Leitões chafurdando em locais com lama.
Cor cinza representa superfície exposta, cor azul bioturbações criadas pelos suínos.

Quando os porcos entram em uma bioturbação para chafurdar, normalmente escavam e revolvem a lama ou o solo, contorcendo seu corpo para trás e para frente, utilizando o focinho ou as patas para ganhar impulso, até que toda a superfície do corpo possa estar coberta de lama (JENSEN, 2002).

Em relação à remobilização e remoção de solos destes locais, avaliando as áreas escavadas, observou-se uma média de remoção de solos de 130 kg/m²/ano. São valores considerados altos quando comparados por outros tipos de uso ou atividades. Morgan (2005), concluiu que a erosão de solos entre 10 e 50 kg/m² é considerada alta, entre de 50 a 100 severa e de 100 a 500 kg/m² como muito severa.

É este hábito que cria e modifica superfícies, como representado acima, remobilizando e removendo sedimentos. O material removido para criar áreas de chafurdamento é lixiviado pelas precipitações. Além disso, observou-se que a presença e movimentação dos animais nestas áreas aumentou as taxas de compactação deixando o solo com aspecto selado o que facilita a formação de poças de água.

Além da remoção de solos para criar depressões para chafurdamento, as áreas ao redor também são impactadas pela permanência e pisoteio dos animais. Por meio da figura 21,

é possível observar que além das depressões criadas, há uma remoção de sedimentos em todo perímetro avaliado.

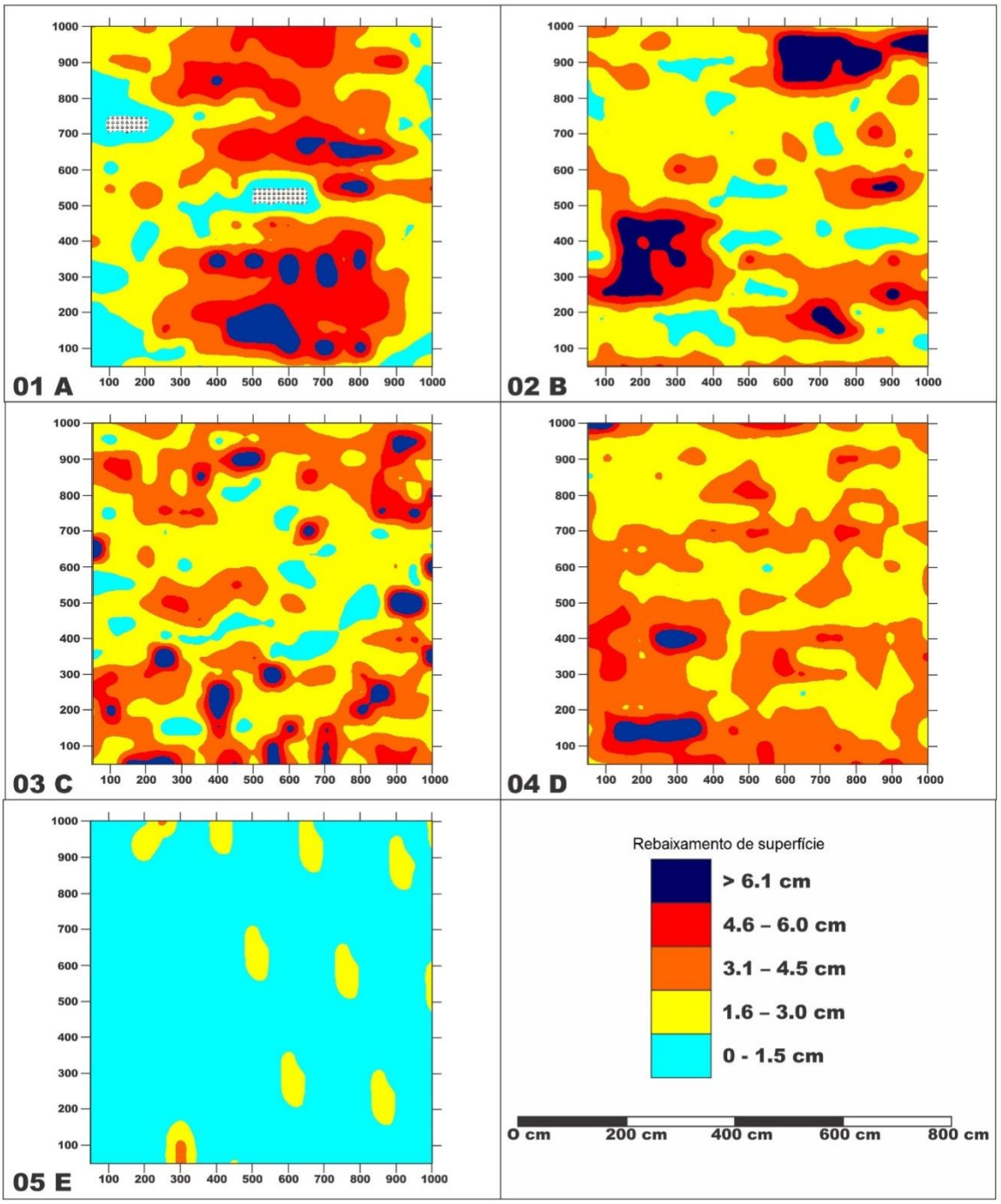

Figura 21: Espacialização das remoções de solo ocasionadas pelos suínos. 1A, 2B, 3C, 4D, condição final da avaliação de rebaixamento de superficie em áreas de pressão constante com locais de chafurdamento. 5E local avaliado sem áreas de chafurdamento e com presença de vegetação (controle).

Todos os locais com maior pressão dos suínos apresentaram índices acima de 1,5 cm de rebaixamento. Observa-se através das Figuras 21, que os locais criados para e através do chafurdamento resultaram em índices de rebaixamento mais acentuados.

Nos locais de chafurdamento (áreas em azul escuro), encontrou-se valores de remoções de solos em torno de 130kg/m²/ano. Já os locais de borda apresentaram médias de remoção de 56,9 kg/m²/ano coincidindo com os valores descritos no item 4.5, 56 kg/m²/ano.

Embora os sedimentos oriundos dos locais de chafurdamento sejam depositados nas bordas das depressões, devido ao elevado índice de compactação ocorre a remoção pelo escoamento superficial logo após o início da precipitação.

4.7. Dinâmica hidroerosiva em áreas bioturbadas: simulação de chuva

4.7.1. Dinâmica do escoamento superficial

No caso dos Faxinais observa-se um comportamento heterogêneo em relação aos impactos ocasionados pelos animais. Os caprinos, bovinos e equinos permanecem 24 horas dentro do criadouro comum, na maioria do tempo pastejando, gramíneas e brotos da vegetação.Já os suínos, permanecem nas áreas de criadouro comum somente no período diurno. No entanto, o hábito alimentar dos porcos se diferencia dos demais animais pelo fato de consumirem plantas, frutos, raízes e invertebrados do solo, revolvendo, assim grandes quantidades de material em busca de alimento.

Nas áreas de criadouro comum, foi possível observar três dinâmicas, sendo, áreas bioturbadas com materiais revolvidos (solo, raízes de grama, serrapilheira e fragmento de rochas) nos ambientes de pastagem e floresta, locais sem bioturbação do solo, com a presença de pastagem nativa, também em ambos os ambientes e áreas que foram bioturbadas, e não mais apresentam revolvimento de material, se apresentadas como “cicatrizes” sem vegetação e com superfície selada. Esta última forma não é encontrada em ambientes de floresta.

Cada bioturbação apresentou comportamento variável em relação às perdas de água. Durante as simulações o escoamento das bioturbações na pastagem teve início aos 16 minutos (figura 22 a), e manteve-se em ascensão até o término das simulações (55min), totalizando 5,93 l/m²/mm. Em termos de valores absolutos foi observado que às taxas de escoamento foram equivalentes a 57% do volume precipitado.

Já em relação às bioturbações na floresta, o escoamento teve início aos 07 minutos, essa prévia, poder ter ocorrido pelos valores de umidade antecedentes, característica do material revolto e rugosidade destas áreas. Essa diferença de 11 minutos proporcionou valores totais de 5,01 l/m²/mm.

Em valores absolutos o escoamento nas bioturbações da floresta foi 11% menor que na pastagem aberta. Corroborando Dashiell et al. (2010), em monitoramento de perdas de água e concentração de sedimentos suspensos em locais com presença de suínos selvagem também encontraram valores inferiores mínimos de escoamento em parcelas que apresentavam fragmentos de serrapilheira, condições iguais ao presente estudo.

Nas bioturbações inativas, o escoamento teve início aos 06 minutos, (Figura 22 b), gerando ao final da simulação, total de 5,14 l/m²/mm. Estas áreas apresentavam superfície selada, com pouco material disponível para absorver e reter a água. Neste sentido, 48% da precipitação gerou escoamento.

Já nos locais não bioturbados, ambos também não apresentaram diferenças significativas nos valores. O início de escoamento ocorreu nos 05 e 07 minutos de simulação na floresta e pastagem respectivamente. Já os valores totais de escoamento, na pastagem foram de 4,69 e na floresta de 5,85 l/m²/mm.

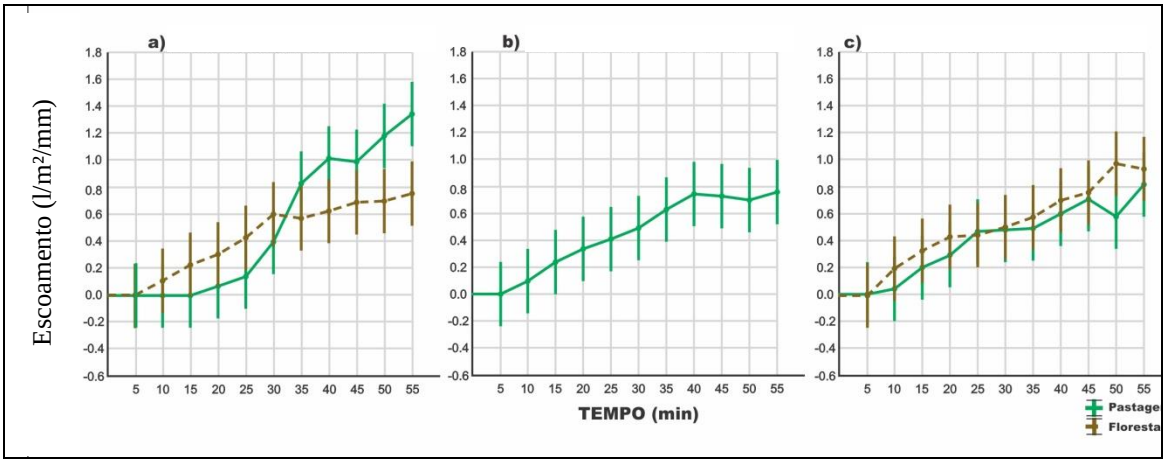

Figura 22: Dinâmica do escoamento em diferentes ambientes bioturbados e não bioturbados. A) bioturbação ativa; B) bioturbação inativa; C) bioturbação inexistente (controle).
Média de volume precipitado durante as simulações 24.4 mm.

Está pequena variação no volume escoado está atrelada às características do pasto, ambas são compostas por grama forquilha que apresenta raízes fasciculadas formando uma camada de caule nos primeiros centímetros de solo (LORENZI e SOUZA, 2002), e como destacado acima as áreas de pastagem apresentam 2,8 vezes mais quantidade de biomassa e 3,2 vezes mais densidade de raízes em relação ao ambiente de floresta.

4.7.2. Dinâmica da perda de solos

Em relação as perdas de solos, os resultados demonstraram valores com diferenças significativas entre as áreas, principalmente entre as bioturbações ativas nos ambientes de pastagem e floresta, (Figura 23).

As bioturbações da pastagem produziram em média 13,92 g/m²/mm, esse valor é 620 % superior aos valores de perdas de solos nas bioturbações da floresta. O comportamento de ambas as áreas foi homogêneo até os 25 minutos de simulação (figura 23 a), após este tempo os locais bioturbados na pastagem se sobressaíram perante a floresta. Esta diferença está atrelada a natureza do material revolvido bem como a dinâmica das bioturbações.

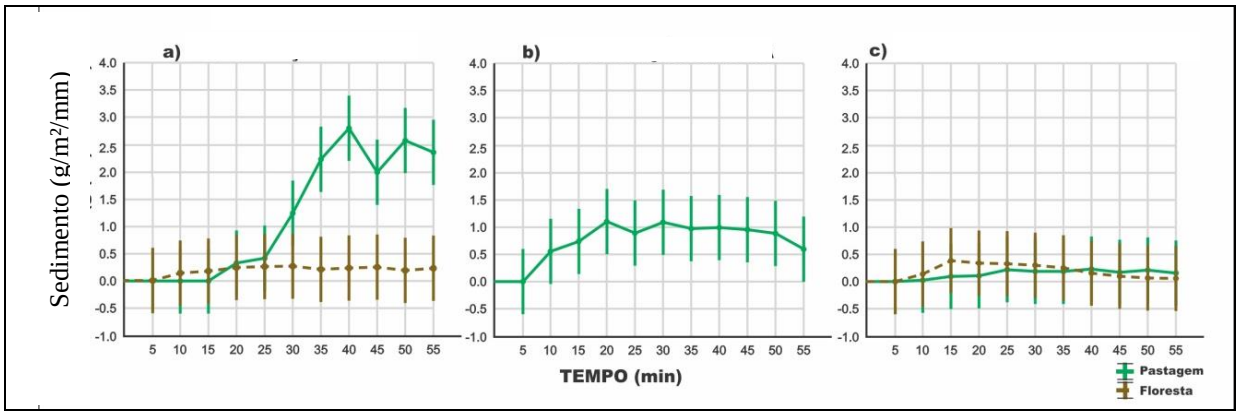

Figura 23: Dinâmica do sedimento em diferentes ambientes bioturbados e não bioturbados. A) bioturbação ativa; B) bioturbação inativa; C) bioturbação inexistente (controle).

As perdas de solos nas bioturbações inativas, foram de 8,75 g/m²/mm, valores 385% superiores aos encontrados no ambiente de floresta e 159% inferior aos encontrados nas bioturbações da pastagem. Este tipo de perturbação apresentou uma resposta mais rápida, apresentando seus picos entre os 20 e 35 minutos de simulação. Posteriormente observa-se uma tendência de declínio, devido à exaustão do sistema (Figura 24 b).

Já em relação às perdas de sedimentos encontradas nos ambientes controles, estas foram de 1,56 e 2,11 g/m²/mm na pastagem e na floresta respectivamente. Os valores obtidos naárea de floresta apresentaram médias iguais em relação as áreas bioturbados no mesmo ecossistema ($p > 0,05$), (Figura 24 a e c)

A qualidade física dos solos da floresta, e a presença de serrapilheira não foram suficientes para diminuir os volumes de escoamento, mas bloquearam o desprendimento das partículas e seu arraste.

Quando analisamos os valores encontrados nas simulações e relacionamos com as porcentagens de chuvas erosivas[9] para o município, podemos estimar valores anuais de perdas de solo entre 1,6 a 10,7 kg/m²/ano para os ambientes bioturbados na pastagem e na floresta respectivamente. Já para as bioturbações inativas em torno de 6,7kg/m²/ano e as áreas não bioturbadas com médias de 1,2 e 1,6kg/m²/ ano, nos ambientes de pastagem aberta e floresta respectivamente.

Os valores na área bioturbada e controle na floresta foram similares aos encontrados por Hancock e Dever (2016), em um monitoramento de cinco anos sobre o efeito de porcos selvagens no Norte da Austrália, os quais resultaram em valores médios de 1,9 kg/m² /ano, em ambientes impactado por suínos.

Os mesmos autores destacam que as perturbações dos suínos alteram a dinâmica hidrossedimentológica da encosta, e que as escavações também atuam como armadilhas de lixo ecológico e sedimentos que se enchem lentamente e promovem alterações ecológicas e morfológicas no ambiente. Estas perturbações podem levam anos para serem preenchidas.

5. CONCLUSÕES

Dentre as variáveis físicas avaliadas nos dois ambientes dentro do criadouro comum do Faxinal Paraná Anta Gorda, a área pastagem é a que apresentou maiores índices de degradação em relação à floresta.

Neste contexto, há uma reação em cadeia na floresta, na qual a vegetação influência na distribuição de luz no piso florestal e contribui com o aumento da matéria orgânica nas primeiras camadas do solo. Esta condição reflete na menor disponibilidade de pasto, o que pode reduzir o pastejo ou procura de alimentos pelos suínos nesta área. A variação na disponibilidade de pasto pode ter influenciado nas variáveis físicas avaliadas nos dois ambientes, pois a resistência à penetração, densidade, porosidade total e umidade indicaram os piores índices na área de pastagem.

Assim, a diferença nas características dos atributos físicos dos solos (pastagem e floresta), refletiu também na dinâmica das bioturbações possibilitando aos suínos apenas o revolvimento de camadas mais superficiais dos solos na área de pastagem, quando comparadas com a floresta que apresentou bioturbações mais incisivas, de menores dimensões e maiores profundidades.

[9] Utilizamos aqui classes de precipitação acima de 30 mm, no munícipio 41% das precipitações ocorrem acima destes valores, em um total de 844 mm. Para isso baseou-se em trabalhos sobre a erosividade das precipitações de (RUFINO 1986) e (WALTRICK et al., 2015).

Em relação ao comportamento (movimento e permanência nos ambientes) dos porcos no criadouro faxinal este se resume a cerca de 75 % do tempo em movimento e 25% em repouso. Estas atividades estão condicionadas pelas estações do ano que interferiram em cerca de 71% na distância percorrida pelos suínos. As estações interferem diretamente nos ambientes, principalmente em relação à disponibilidade de alimentos e consequentemente nas atividades dos suínos.

Portanto, não há um fator determinante na movimentação e/ou repouso dos suínos ao longo ano e, sim vários fatores que podem ter influenciado nessa resposta. A variação da sazonalidade e temperatura ao longo do ano pode interferir na disponibilidade de pasto, produção de frutos e no conforto térmico refletindo na dinâmica comportamental dos suínos.

As ações zoogemórficas de fuçar e chafurdar dos suínos movimentaram em torno de 130 kg/m²/ano de sedimentos, assim como, sua pressão constante em alguns locais resultaram na perda de 56 kg/m²/ano de solo. Além disso, preparam material para erosão nas áreas de pastagem e floresta, pois, ao revolverem solos em busca de alimento, desestabilizam e disponibilizam materiais para serem transportados pelo escoamento superficial.

As bioturbações pontuais nos ambientes de floresta e pastagem, bem como, as inativas não se diferiram em termos de escoamento superficial, mas a dinâmica do material remobilizado pelos suínos refletiu nos valores de perdas de solo. O ambiente de floresta mesmo bioturbado produziu quantidades menores de sedimentos quando comparado com a pastagem e as bioturbações inativas.

Os suínos devem ser considerados como uns dos principais agentes bioerosivos em área de faxinais, sendo responsáveis pela degradação de solo. As bioturbações além de promoverem alterações morfológicas podem gerar instabilidade e erosão nas encostas, visto que, esses microrrelevos podem permanecer por anos até serem preenchidos, estabilizados e revegetados. Dessa forma, as ações zoogemórficas dos suínos podem persistir como cicatrizes na paisagem influenciando a dinâmica hidroerosiva. No entanto, este efeito de longo prazo (resiliência x persistência), precisa ser mais bem estudado.

Por fim, o aumento das áreas de pastagem e do número de suínos (pressão demográfica), aliados a redução do ambiente com cobertura florestal pode ampliar a degradação ambiental dentro do criadouro comum, resultando na insustentabilidade deste sistema.

6. REFERENCIAL

ABRAHAMS et al., 1995 A.D. ABRAHAMS, A.J. PARSONS, J. Wainwright Effects of vegetation on interrill runoff and erosion, Walnut Gulch, southern Arizona **Geomorphology,** 13 (1995), pp. 37-48

ABRAHAMS, A.D., A.J. PARSONS, and J. WAINWRIGHT. 1996. Interactions between seminatural vegetation and hydrogeomorphological processes. **Geomorphology** 13: 37- 48.

ALBUQUERQUE, J.M. de; GOMES, G.S.; WATZLAWICK, L.F.; VALERIO, A.F. Análise fitossociológica do componente arbóreo de Floresta Ombrófila Mista Mista em um Sistema Faxinal no município de Rebouças –PR. In: Encontro dos Povos dos Faxinais. **Anais** ..., Irati, 2005.

ALKON, P.U., 1999. Microhabitat to landscape impacts: crested porcupine digs in the Negev Desert highlands. **Journal of Arid Environments** 41 (2), 183–202.

Anderson, S., R. Hobdy, and K. Maly. 2007. The need for more effective ungulate control

ANDRADE, A.R.; ANTONELI, V. BEDNARZ, J.A. Comparação da dinâmica geomorfoclimatica entre áreas florestadas e de pastagens com influência da migração de animais no Faxinal Marmeleiro de Cima - Rebouças-PR. **Caderno Prudentino de Geografia**. 2012

ANDRADE, H. J.; et al. Growth, production and carbon sequestration of silvopastoral systems with native timber species in the dry lowlands of Costa Rica. **Plant and Soil**, v. 22, p. 308-311, 2008.

ANDREZEJEWSKI, R., AND W. JEZIERSKI. 1969. Zasady przeciwdzialania szkidom wyrzadzoym przez dziki [Ways of rules counteracting damages caused by wild boar].

ANTONELI, V. Avanço da fumicultura nas áreas de faxinais no Município de Prudentópolis-PR. In: SILVEIRA, R. J. L. da. (Org). **Tabaco, sociedade: Relações e contradições no Sul do Brasil**. EDUNISC. Santa Cruz do Sul- RS 2013.264 p.

ANTONELI, V. Dinâmica do uso da terra e a produção de sedimentos em diferentes áreas fontes na bacia hidrográfica do Arroio Boa Vista- Guamiranga-PR. **Tese Doutorado** Universidade Federal do Paraná – UFPR. Curitiba 2011. 354 p

ANTONELI, V. e THOMAZ, E. L. Produção de serrapilheira em um fragmento de floresta ombrófila mista com sistema de faxinal. **Sociedade Natureza**., v. 24, n. 3, p.489-504.2012.

ANTONELI, V. Mudanças no uso do solo promovidas pela extinção do sistema de Faxinal - estudo de caso da bacia do arroio boa vista – Guamiranga – PR. Simpósio Internacional de Geografia Agrária 3 e Simpósio Nacional de Geografia Agrária 5 "Jornada Orlando Valverde" Campesinato em Movimento Londrina-PR. UEL. **Anais**.. 2007.

ANTONELI, V.; BEDNARZ, J. A.; THOMAZ, L. E.; Produção de sedimento em caminhos de animais em sistema de faxinal na região Centro-Sul do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.13, n.3, p.311-322, 2012.

ANTONELI, V.; THOMAZ E. L. Infiltração de água no solo em período seco e úmido, mensurada em diferentes usos de terra na bacia do Arroio Boa Vista - Guamiranga-PR. **Revista Ambiência**. UNICENTRO Guarapuava- PR. v. 5, 2009, p. 1-20.

ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L.; BEDNARZ, J. A. The faxinal system: forest fragmentation and soil degradation on the communal grazing land. **Singapore Journal of Tropical Geography**, 2018.

BAGGIO, A.; SCHREINER, H. G. Análise de um sistema silvipastoril com Pinus elliottii e gado de corte. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, n. 16, 1988. p. 19-29.

BAPTIST, M.J., W.E. PENNING, H. DUEL, A.J.M. SMITS, G.W. GEERLING, G.E.M. VAN DER LEE, AND J.S.L. VAN ALPHEN. 2004. Assessment of cyclic floodplain rejuvenation on flood levels and biodiversity in the Rhine River. **River Research and Applications** 20: 285-297.

BAXTER, F.P., HOLE, F.D., 1967. Ant (Formica cincera) pedoturbation in a Prairie soil. Proceedings. **Soil Science Society of America** 31, 425–428.

BEDNARZ, J. A.; ANTONELI, V.; ANDRADE, A. R de.; CARVALHO, M.F. A de. Movimentação de leito de rio em cabeceira de drenagem potencializada por ação de animais domésticos (suínos). **Geografia** (Londrina), v. 21, n. 3.p. 75-93, 2012.

BELL, L. W.; KIRKEGAARD, J. A.; SWAN, A.; HUNT, J. R.; HUTH, N. I.; FETTELL, N. A. Impacts of soil damage by grazing livestock on crop productivity. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 113, n.1, p. 19-29. 2011.

BELL, M.J.; BRIDGE, B.J.; HARCH, G.R.; ORANGE, D.N, Physical rehabilitation of degraded krasnozems using ley pastures. Aust. J. Soil Res. V. 35, p.1093-1113, 1997.

BERTOL, I.; et al. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem numa pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 5, p. 779-786, 1998.

BERTOLL, J. L. Estimativa do saldo anual de N em sistemas de criação de vacas leiteiras no Oeste de Santa Catarina. **Ciência Rural**, v. 37, n. 2, 2007.

BERTONI, J. E LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 5ª edição, ícone Editora, São Paulo. 355p. 2005.

BOOYSEN, P.V.; TAINTON, N.M.; SCOTT, J.D. Shoot-apex development in grasses and its importance in grassland management. Herbage Abstracts, v.33, n.4, p.209- 212, 1963.

BRANNER, J.C. 1909 Geologic work of ants in tropical America Geological Society of America Bulletin, 21 (1909), pp. 449-496

BRATTON, S. P. 1974. The effect of the European wild boar (Sus scrofa) on high-elevation vernal flora in the Great Smoky Mountains National Park. Bull. Torrey Bot. Club 101:198-206.

BURGER, J., GOCHFELD, M., 1991. Burrow site selection by black iguana (Ctenosaura similis) at Palo Verde, Costa Rica. **Journal of Herpetology** 25 (4), 430–435.

BUTLER AND MALANSON, 1995 D.R. BUTLER, G.P. MALANSON Sedimentation rates and patterns in beaver ponds in a mountain environment. **Geomorphology**, 13 (1995), pp. 255-269

BUTLER, D. R. 2006. Human-induced changes in animal populations and distributions, and the subsequent effects on fluvial systems. **Geomorphology** 79: 448-459.

BUTLER, D.R., 1992. The grizzly bear as an erosional agent in mountainous terrain. Zeitschrift für Geomorphologie 36, 179–189.

BUTLER, D.R., 1995. **Zoogeomorphology**: Animals as Geomorphic Agents. Cambridge University Press, Cambridge and New York. 231 pp.

BUTLER, D.R., 2015. Patterns and trends in the fields of bioturbation, faunalturbation, and zoogeomorphology. **Phys. Geogr**. 36, 178–187. doi:10.1080/02723646.2015.1026763

CALEY P. 1993. Population dynamics of feral pigs (Sus scrofa) in a tropical riverine habitat complex. **Wildlife Research**, 20: 625-636.

CAMPBELL, J.S., 1997. North American alpine ecosystems. In: Wielgolaski, F.E. (Ed.), Ecosystems of the World: 3. Polar and Alpine Tundra**. Elsevier, Amsterdam**, pp. 211 –261.

CAMPIGOTO, J. A. Os Faxinais na Perspectiva Hermenêutica: A questão da Origem. In: Encontro Regional da Associação Nacional de História – ANPUH/PR, 11. Jacarezinho. **Anais**... do XI Encontro Regional da Associação Nacional de História – ANPUH/PR, 2008

CARTER and VILES, 2005 N.E.A. CARTER, H.A. VILES Bioprotection explored: the story of a little known **Earth Surface Process Geomorphology**, 67 (2005), pp. 273-281

CARVALHO, M. M.; CASTRO, C. R. T.; YAMAGUCHI, L. C. T.; ALVIM, M. J.; FREITAS, V. P.; XAVIER, D. F. Two methods for the establishment of a silvopastoral system in degraded pasture land. **Livestock Research for Rural Development**, v. 15, n. 12, 2003.

CASTRO, M. Silvopastoral systems in Portugal: current status and future prospects. In: **Agroforestry in Europe**. Springer, Dordrecht, 2009. p. 111-126.

CERDA, A., JURGENSEN, M.F., 2008. The influence of ants on soil and water losses from na orange orchard in eastern Spain. **Journal of Applied Entomology** 132, 306–314.

CHANG, M. Y. Sistema faxinal: uma de organização camponesa em desagregação no centro-sul do Paraná. **IAPAR,** Boletim Técnico, n. 22. Londrina: IAPAR, 1988.

CHARÁ, J.; MURGUEITIO, E. The role of silvopastoral systems in the rehabilitation of Andean stream habitats. **Livestock Research for Rural Development**, v. 17 n. 2, 2005.

COX, C.B. AND MOORE, P.D. 2005: Biogeography: an ecological and evolutionary approach (seventh edition).Oxford: **Blackwell Science**.

CUEVAS, M. F.; MASTRANTONIO, L.; OJEDA, R. A. & JAKSIC, F. M. 2012. Effects of wild boar disturbance on vegetation and soil properties in the Monte Desert, Argentina. **Mammalian Biology** 77: 299–306.

CUNHA, G. C.; GRENDENE, L. A.; DURLO, M. A.; BRESSAN, D. A. Dinâmica nutricional em floresta estacional decidual com ênfase aos minerais provenientes da deposição da serapilheira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.3, n.1, p.19-39, 1993.

CUNHA, L. A. Desenvolvimento rural e desenvolvimento territorial: o caso do Paraná Tradicional. Rio de Janeiro, 2003. 210 p. **Tese** (Doutorado em Desenvolvimento e Agricultura) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

CUNHA, N. R. D. S., et. al. A intensidade da exploração agropecuária como indicador da degradação ambiental na região dos Cerrados, Brasil. Revista de **Economia e Sociologia Rural**, v. 46, n. 2, p. 291-323, 2008.

CUNHA. J. L. X. L.; COELHO, M. E. H.; ALBUQUERQUE, A. W. de.; SILVA, C. A.; Silva Júnior, A. B. da; Carvalho, I. D. E. de. Water infiltration rate in Yellow Latosol under different soil management systems. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.11. 2015. **Revista Brasileira de**

DARWIN, C., 1881. The formation of vegetable mould through the action of worms, with observations on their habits. John Murray, London. 326 pp.

DAVIS, W.M., 1892. The convex profile of badland divides. **Science** 20, 245.

DEXTER, A. R. Soil structure: the key to soil function. Adv. **GeoEcology**, v.35, p. 57-69, 2002.

DIAS, W.A. e THOMAZ, E.L. Avaliação dos efeitos do pastoreio sobre a erosão em margens de canal fluvial em sistema de faxinal. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 23 (1), p.23-35, abr. 2011

DIAS-FILHO, M. B.; FERREIRA, J. N. Barreiras à adoção de sistemas silvipastoris no Brasil. **Embrapa** Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E), 2008.

DIETRICH, W., BELLUGI, D., SKLAR, L., STOCK, J., HEIMSATH, A., AND ROERING, J. (2003). Geomorphic transport laws for predicting landscape form and dynamics. Prediction in **Geomorphology, Geophys**. Monogr. Ser, 135:103–132.

DOUPE, R. G., J. MITCHELL, M. J. KNOTT, A. M. DAVIS, AND A. J. LYMBERY. 2010. Efficacy of exclusion fencing to protect ephemeral floodplain lagoon habitats from feral pigs (Sus scrofa). **Wetlands Ecol. Manage**. 18:69 – 78.

EICHHORN, M. P. et al. Silvoarable systems in Europe–past, present and future prospects. **Agroforestry systems**, v. 67, n. 1, p. 29-50, 2006.

EMBRAPA. Centro Nacional de pesquisa do solo. **Manual de métodos de análise do solo.** 2ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.212p.

ERIKSSON B. The zoo-geomorphological impact of fossorial rodents in sub-polar and alpine environments. Kulturgeografiska instutitionen. **Forskarskolan I Geografi**. Uppsala. 2011.

FAO. State of the World´s Forests, 2017. Rome, 2017. Disponível em: http://www. fao.org/docrep/009/a0773e/a0773e00.HTM Acesso 15 jun 2017.

FARIA, A. P. As conseqüências da erosão em microbacias sobre os canais efêmeros e intermitentes. **Caderno de Geociências**, 11 p. 67 - 83. 1994

FLORIANI, N; CARVALHO, S.M.; FLORIANI, D.; SILVA, A.A.I. Da; STRACHULSKI, J. Modelos híbridos de agricultura em um faxinal paranaense: confluência de imaginários e de saberes agrícolas, 2010. 22 p

FRAGA, V. S.; SALCEDO, I. H. Declines of organic nutrient pools in tropical semi-arid soils under subsystems farming. **Soil Science Society of America Journal**, v.68, n.1, p. 215-224, 2004.

FRANCIS, G.S.; TABLEY, F.J.; WHITE, K.M. Restorative crops for the amelioration of degrade soil conditions in New Zealand. Aust. J. Soil . Res., v. 37, p. 1017-1034, 1999.

HANCOCK, G.R., LOWRY, J.B.C., DEVER, C., 2017. Surface disturbance and erosion by pigs: a medium term assessment for themonsoonal tropics. **Land Degradation**. Dev. 28, 255–264.

HARVEY, G.L., MOORHOUSE, T.P., CLIFFORD, N.J., HENSHAW, A.J., JOHNSON, M.F., MACDONALD, D.W.,REID, I., RICE, S.P., 2011. Evaluating the role of invasive aquatic species as drivers of fine sediment-related river management problems: the case of the signal crayfish (Pacifastacus leniusculus). **Prog. Phys. Geogr**. 35 (4), 517–533.

HASTINGS A, BYERS JE CROOKS JA ET AL. (2007) Ecosystem engineering in space and time. Ecology Letters 10: 153–164.

HAURESCO. C. **lugares e tradições**: as comunidades faxinalenses de Anta Gorda e Taquari do Ribeiros. Guarapuava. Editora Unicentro. 2012.

HERZOG, F. (1998) - Streuobst: a traditional agroforestry system as a model for agroforestry development in temperate Europe. **Agroforestry Systems** 42: 61-80.

HOLE, F.D., 1981. Effects of animals on soil. **Geoderma** 25, 75–112.

HOLT, J. A.; BRISTOW, K. L.; MCIVOR, J. G. The effects of grazing pressure on soil animails and hydraulic properties of two soils in semi-arid tropical Queensland. **Journal of Soil Research**, 34, 69-79, 1996.

HUMPHREYS, G.S., FIELD, R., 1998. Mixing, mounding and other aspects of bioturbation: implications for pedogenesis. 16th World Congress of Soil Science. **International Society of Soil Science, Montpellier**. Registered paper no.18.

HUMPHREYS, G.S., MITCHELL, P.B., 1983. A preliminary assessment of the role of bioturbation and rainwash on sandstone hillslopes in the Sydney Basin. In: Nanson, G.C., Young, R.W. (Eds.), Proceedings of the First Australian and New Zealand Geomorphology Group. Australian and New Zealand Geomorphology Group, Wollongong, pp. 66–80.

HUPP, C.R., OSTERKAMP, W.R., HOWARD, A.D. (Eds.), 1995. Biogeomorphology, Terrestrial and Freshwater Systems. **Geomorphology Special Issue**, vol. 13 (1– 4), pp. 1 – 347.

IAP **Instituto Ambiental Paranaense**, http://www.iap.pr.gov.br/modules/ucps/aviso.php?codigo=120 Acesso em 10/10/2016.

IMHOFF, S.; SILVA, A.P.; TORMENA, C.A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p. 1493 – 1500, 2000.

JEZIERSKI, W., AND A. MYRCHA. 1975. Food requirements of a wild boar population. Polish Ecol. Stud. 1:61-83.

JOFFRE, R.; et al. The dehesa system of southern Spain and Portugal as a natural ecosystem mimic. **Agroforestry systems**, v. 45, n. 1-3, p. 57-79, 1999.

JOHNSON, D.L., 1990. Biomantle evolution and the redistribution of earth materials and artifacts. **Soil Science** 149, 84–102.

JOHNSON, D.L., DOMIER, J.E.J., JOHNSON, D.N., 2005C. Animating the biodynamics of soil thickness using process vector analysis: a dynamic denudation approach to soil formation. **Geomorphology** 67, 23–46.

JONES CG, LAWTON JH and SHACHAKM (1994) Organisms as ecosystem engineers. Oikos 69: 373–386.

KAMPHORST, E. C.; JETTEN, V.; GUÉRIF, J.; PITKANEN, J.; IVERSEN, N. V.; DOUGLAS J. T. & GONZÁLES, A. P. Predicting depressional storage from soil surface roughness. **Soil Science Society of America Journal**, v.64, p.1749-1758, 2000.

KNAPP, A.K., CONARD, S.L., BLAIR, J.M., 1998. Determinants of soil CO (sub 2) flux from a sub-humid grassland; effect of fire and fire history. Ecological Applications 8 (3), 760–770.

KNOX, J.C., 1972. Valley alluviation in southwestern Wisconsin. Annals of the Association of American Geographers 62, 401– 410.

KOLISKI, C. A. Monitoramento da perca de solo nos caminhos preferenciais dos animais sob a Faxinal Linha Paraná Anta Gorda – Prudentópolis – Paraná. 2009. Monografia (Especialização em Geografia) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapauva. 107 p.

KRAICZEK, T; ANTONELI, V. O avanço do cultivo do tabaco no município de Prudentópolis-PR: estudo de caso da década de 2000. **Revista Percurso**, Maringá, n.2, v.4, p.59-77, 2012.

LEE, D. R. Agricultural sustainability and technology adoption issues and policies for developing countries. **American Journal of Agriculture Economics**, v. 87, n. 5, p. 1325-1334, Nov. 2005.

LÖWEN SAHR, C. L. ; IEGELSKI, F. O Sistema Faxinal no Município de Ponta Grossa: diretrizes para a preservação do ecossistema, do modo de vida, da cultura e das identidades das comunidades e dos espaços faxinalenses. Ponta Grossa, 2003. 108p. (**Relatório Técnico**) – Prefeitura Municipal de Ponta Grossa.

MARQUES, C. L. G. Levantamento preliminar sobre o sistema de Faxinal no estado do Paraná: Relatório de consultoria técnica - **IAP.** Guarapuava, 2004, 192 p.

MARSCHNER, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. London: **Academic Press**, 889p.

MARTINELLI, L. A. et al. Agriculture in Brasil: impacts, costs, and opportunities for a sustainable future. Current Opinion in Environmental Sustainability, London, p. 1-8, 2010.

MARTINI, Angeline and BIONDI, Daniela. Microclima e Conforto Térmico de um Fragmento de Floresta Urbana em Curitiba, PR. **Floresta Ambient. [online]**. 2015, vol.22, n.2, pp.182-193. ISSN 1415-0980. http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.082114.

MEYSMAN, F.J.R., MIDDEBURG, J.J., HEIP, C.H.R., 2006. Bioturbation: a fresh look at Darwin's last idea. Trends in **Ecology and Evolution** 21, 685–688.

MITCHELL J, DORNEY W, MAYER R, MCILROY J. 2007b. Ecological impacts of feral pig diggings in north Queensland rainforests. **Wildlife Research**, 34: 603-608. DOI.org/10.1071/WR06065

MONCHANOV, A . A . Hidrologia florestal. Lisboa. Fundação Calouste Gulbenkian, 1971. Negev Desert highlands. **Journal of Arid Environments** 41 (2), 183–202.

MONTEIRO, F.A. WERNER, J.C. Ciclagem de nutrientes minerais em pastagens. In: Simpósio sobre ecossistema de pastagens, **Anais**... Jaboticabal: FUNEP, p. 149- 192. 1989.

NAIMAN R.J.; J.M. MELILLO, J.E. 1986 Hobbie Ecosystem alteration of a boreal forest stream by beaver (Castor canadensis) Ecology, 67 (1986), pp. 1254-1269

NAYLOR, L.A., VILES, H.A., Carter, N.E.A.(2002) Biogeomorphology revisted: looking towards the future. **Geomorphology** 47: 3 – 14

NERONE, M.M. Terras de plantar, terras de criar – Sistema Faxinal: Rebouças – 1950-1997. Assis, **Tese** (Doutorado em História) – Universidade estadual Paulista. 2000.

NOGUEIRA-FILHO, S. L. G., S. S. C. NOGUEIRA, and J. M. V. FRAGOSO. 2009. Ecological impacts of feral pigs in the Hawaiian Islands. **Biodivers. Conserv**. 18:3677 – 3683.

PACIULLO, D. S. C.; et al. Arranjos e modelos de sistemas silvipastoris. In: FERNANDES, E. N.; et al.. (Ed.). Sistemas agrossilvipastoris na América do Sul: desafios e potencialidades. Juiz de Fora: **Embrapa Gado de Leite**, 2007b. p. 13-50.

PERUCELI M ; ANTONELI, V. . Produção de serrapilheira em uma floresta ombrófila mista sob o domínio do sistema de faxinal; estudo de caso do Faxinal de Papanduva de Baixo-Prudentópolis-PR.. In: XVI Encontro Nacional de Geógrafos, 2010, Porto alegre **Anais**... URGS, 2010. v. 1.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.. O sistema silvipastoril no Paraná: uma sinopse. In: Embrapa Florestas-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO ANIMAL A PASTO, 3., 2015, Maringá. **Anais**. Maringá: Sthampa, 2015.

PRICE, L.W., 1971. Geomorphic effect of the arctic ground squirrel in an alpine environment. Geografiska Annaler 53A, 100– 106.

ROSOLEM, C. A.; FERNANDEZ, E. M.; ANDREOTTI, M.; CRUSCIOL, C. A. C. Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.821-828, 1999.

ROSOLEM, C.A.; VALE, L.S.R.; GRASSI FILHO, H. & MORAES, M.H. Sistema radicular e nutrição do milho em função da calagem e da compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v 18, p. 491-497, 1994.

SANTOS, J. T.; et al. Atributos físicos e químicos do solo de Áreas sob Pastejo na Micro Região do Brejo Paraibano. **Ciência Rural**, v. 40, n. 12, 2010.

SCHÄFER, W., 1952. Biogene sedimentation im gefolge von bioturbation. Senckenbergianab 33, 1–12.

SILVA, M. **A contribuição de florestas de araucárias para a sustentabilidade dos sistemas faxinais**. Curitiba, 2005. 122 f. Dissertação de Mestrado.

SINGER, F. J., SWANK, W. T. & CLEBSCH, E. E. C. 1984. Effects of wild pig rooting in a deciduous forest. **Journal of Wildlife Management** 48: 464–473.

SNAYDON, R. W. The ecology of pastures. In: Grazing Animals. Ed. F.H.W. MORLEY, **Elsevier Scientifi c Publishing Company**. Amsterdam, 1981. pp. 13-31.

SOCHODOLAK, H; CAMPIGOTO, J, A. Os faxinais da região das araucárias. In:MOTTA, Márcia Menendes; OLINTO, Beatriz Anselmo e OLIVEIRA, Oseias. (orgs) HistóriaAgrária: propriedade e conflito. Guarapuava: Unicentro, 2009.

SOUZA, L. F.; NAURÍCIO, R. M.; GONÇALVES, L. C..; SALIBA, E. O. E.; MOREIRA, G. R. Produtividade e valor nutritivo da Brachiaria brizantha cv. Marandu em um sistema silvipastoril. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.59, p.1029-1037, 2007.

SOUZA. R. M. de. Mapeamento Social dos Faxinais no Paraná. Instituto Equipe de Educadores Populares – IEEP, **Articulação Puxirão dos Povos Faxinalenses**, 2007.

STINE, M.B. and D.R. Butler. 2011. A content analysis of biogeomorphology within geomorphology textbooks. **Geomorphology** 125: 336-342.

TARDIFF, S.E., STANFORD, J.A., 1998. Grizzly bear digging: effects on subalpine meadow plants in relation to mineral nitrogen availability. **Ecology** 79, 2219– 2228.

TAVARES FILHO, J. RIBON. A. A. Resistência do solo à penetração em resposta ao número de amostras e tipo de amostragem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:487-494, 2008.

THOMAZ, E. L. e DIAS, W. A. Evolução do Rebanho bovino brasileiro e implicações geomorfológicas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. V:10, N° 02 p 03 - 11, 2009.

THOMAZ, E. L. Sistema Faxinal: pesquisa na UNICENTRO e perspectivas de estudos ambientais. **Terra Plural**, v.5, n.2, p.199-212. 2011.

THOMAZ, E. L.; DIAS, W. Avaliação dos efeitos do pastoreio sobre a erosão em margens de canal fluvial em sistema de faxinal. **Sociedade & Natureza**, v. 23, n 1, p. 23-35. 2011.

THORN, C.E., 1978. A preliminary assessment of the geomorphic role of pocket gophers in the alpine zone of the Colorado Front Range. **Geografiska Annaler** 60A, 181–187.

THORN, C.E., 1982. Gopher disturbance: its variability by Braun– Blanquet vegetation units in the Niwot Ridge alpine tundra zone, Colorado Front Range, USA. **Arctic and Alpine Research**14, 45– 51.

THORNES, J.B. 1990. Vegetation and Erosion. Wiley, Chichester, 518 pp. tree Psidium cattleianum: Implications for management of native Hawaiian forests. Biol. **Conserv**. 53:199 – 211.

VELOSO, H. P.; RANGEL, A. L. R.; LIMA, I. C. A. Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema Universal. Rio de Janeiro. **IBGE/DERMA**, 1991.

VITOUSEK PM, Mooney HA, Lubchenco J and Melillo JM (1997) Human domination of Earth's ecosystems. **Science**, 277, 494-499.

WATZLAWICK, L. F. et al. **Projeto Sistema Faxinal: implantação de um sistema de parcelas permanentes**. In: SANQUETTA, C. R. Experiências de Monitoramento no Bioma Mata Atlântica com uso de Parcelas permanentes. Curitiba: Funpar,. p. 177-210. 2008.

WILKINSON MT, RICHARDS PJ, HUMPHREYS GS. 2009. Breaking ground: pedological, geological, and ecological implications of soil bioturbation. **Earth Science Reviews** 97: 254–269.

WRIGHT and JONES, 2006 J.P. Wright, C.G. Jones The concept of organisms as ecosystem engineers ten years on: progress, limitations, and challenges **BioScience**, 56 (2006), pp. 203-209