

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DE
INDICADORES DE EROÇÃO EM TALUDES
FLUVIAIS: SUBSÍDIOS PARA APLICAÇÃO DO
MÉTODO MONTEIRO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Teiva Fernanda Schettert

Santa Maria, RS, Brasil

2015

PPGEC/UFSM, RS

SCHETTERT, Teiva Fernanda

MESTRE

2015

**PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO DE INDICADORES DE
EROSÃO EM TALUDES FLUVIAIS: SUBSÍDIOS PARA
APLICAÇÃO DO MÉTODO MONTEIRO**

Teiva Fernanda Schettert

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Civil**

Orientador: Prof^a. Dr^a. Jussara Cabral Cruz

Santa Maria, RS, Brasil

2015

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Schettert, Teiva Fernanda
PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DE INDICADORES DE
EROSÃO EM TALUDES FLUVIAIS: SUBSÍDIOS PARA APLICAÇÃO DO
MÉTODO MONTEIRO / Teiva Fernanda Schettert.-2015.
70 p.; 30cm

Orientador: Jussara Cabral Cruz
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil, RS, 2015

1. Área de Preservação Permanente 2. Curso d'água
3. Suscetibilidade a erosão em taludes fluviais 4.
Protocolo de Avaliação Rápida 5. Gestão de Recursos
Hídricos I. Cruz, Jussara Cabral II. Título.

© 2015

Todos os direitos reservados a Teiva Fernanda Schettert. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante citação da fonte – O autor.
Endereço: Av. Rodolfo Behr, n.1722. Camobi - Santa Maria, RS. CEP 97105-440
Fone: (0xx55) 9174.4072; Endereço Eletrônico: teivaschettert@yahoo.com.br

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado**

**PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DE INDICADORES DE
EROSÃO EM TALUDES FLUVIAIS: SUBSÍDIOS PARA APLICAÇÃO
DO MÉTODO MONTEIRO**

elaborada por
Teiva Fernanda Schettert

como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Civil

COMISSÃO EXAMINADORA:

Jussara Cabral Cruz, Dr^a.
(Presidente/Orientador)

Josita Soares Monteiro, Dr^a.

Geraldo Lopes da Silveira, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 31 de agosto de 2015.

AGRADECIMENTOS

Aos amigos, agradeço por sempre estarem junto de mim mesmo alguns estando longe na distância, beijos especiais às lindas e eternas Flávia e Simone. Às librianas, amigas e parceiras de mestrado, Ariéle e Cibele. Um abraço! É isso aí gurias!

À minha família, agradeço por me proporcionar um olhar diferenciado sobre as minhas escolhas de vida, também por ter viabilizado a última etapa deste trabalho. Sou grata principalmente ao meu pai, por ter me ensinado a amar a natureza e gostar de engenharia;

Agradeço a minha orientadora, a Prof.^a Jussara Cabral Cruz, pelo apoio, confiança, pela inspiração e direcionamento, essenciais para este trabalho e para minha vida profissional; Ao Prof. Geraldo Lopes da Silveira meu agradecimento também pelo apoio, cordialidade, e por aceitar ser membro da banca examinadora. Aos professores do PPGEC sou grata pelos conhecimentos repassados.

À Josita Soares Monteiro, meus sinceros agradecimentos por fornecer o subsídio para essa dissertação, e por fazer parte da banca examinadora.

Aos colegas do programa da pós, Marciano, Calinca, Carine, Raul e à acadêmica Caroline, meu muitíssimo obrigado por terem se disponibilizado e colaborado nas campanhas de campo;

Ao meu analista/mentor, agradeço por me proporcionar o entendimento das minhas aflições e ensinar-me a lidar com elas, tu foste decisivo!

Agradeço ao meu namorado Jack, pela persistência, amor e companheirismo;

Agradeço aos meus bebês Raid e Twiggy por sempre virem dar uma fuçada em mim, pelo cheiro de seus pelinhos me trazer paz e amor no coração, agradeço até ao olhar insistente da bebê Coisa;

Agradeço a UFSM por me ensinar a ciência, e me tornar cada vez mais “ciente” ao longo da minha formação. A universidade deve formar não só o “profissional”, mas também o “ser”.

Finalmente, agradeço ao Diogo, o anjo da minha vida, que sempre esteve comigo em todos os momentos, sempre trouxe luz para meus raciocínios e nunca deixou de acreditar em mim, mesmo quando nem eu acreditava.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
Universidade Federal de Santa Maria

PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DE PARÂMETROS FÍSICOS INDICADORES DE EROÇÃO EM TALUDES FLUVIAIS

AUTORA: Teiva Fernanda Schettert

ORIENTADORA: Jussara Cabral Cruz

Data e Local de Defesa: Santa Maria, 31 de agosto de 2015.

O desenvolvimento de protocolos de avaliação rápida, que trabalham com indicadores de fragilidades à erosão de taludes fluviais, tem o objetivo de relacionar parâmetros e fornecer diagnósticos para auxiliar na gestão dos recursos hídricos. Constituindo uma nova ferramenta a ser explorada, com grande possibilidade de ser adotada como um método de utilização prática e geradora de resultados confiáveis. A presente pesquisa trata do estudo do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) oriundo da tese de doutorado “Indicadores de Fragilidade à Erosão no apoio à definição de Áreas de Preservação Permanente em rios” de Josita Soares Monteiro, apresentada em 2014. O referido PAR é constituído de parâmetros reconhecidamente influentes na estabilidade de taludes fluviais - vegetação; textura do solo; trecho do rio; inclinação do talude; profundidade do solo no talude; largura do curso d’água e uso e cobertura da terra – e de pesos/notas relativos às características desses parâmetros. Como resultado, o protocolo apresenta uma classificação gradual com relação ao estado de “susceptibilidade à erosão” das margens do arroio Val de Buia em Silveira Martins/RS, no qual esta pesquisa foi realizada. A amplificação do peso atribuído aos parâmetros que compõem o PAR de Monteiro (2014); a realização de uma análise de sensibilidade sobre parâmetros do PAR com o propósito de identificar os que proporcionam maior relevância no seu resultado final; a implementação de mudanças nos critérios e estrutura do PAR; sua reaplicação na área de estudo da tese; e a comparação dos resultados do PAR original com o PAR reaplicado foram os objetivos do estudo. A ampliação realizada sobre os pesos dos parâmetros do PAR não alterou o resultado da classificação das unidades amostrais nas categorias de susceptibilidade à erosão. A análise de sensibilidade demonstrou que os parâmetros mais sensíveis às variações dos seus pesos são os de maior nota, e, conseqüentemente, características que conferem grande susceptibilidade a erosão dos taludes fluviais. O protocolo reaplicado na área de estudo apresentou resultado parcialmente semelhante ao de Monteiro (2014). Afim de melhor direcionar as interpretações quanto à descrição da área observada durante a avaliação visual, sugere-se a elaboração de caracterizações e tipologias de medidas bem definidas para os parâmetros avaliados no PAR. O acréscimo de um novo parâmetro no protocolo de Monteiro (2014) - o parâmetro “trecho longitudinal” - poderá proporcionar melhor avaliação das áreas que são acometidas por sucessivas inundações. Várias frentes relacionadas à avaliação das condições físico-ambientais dos taludes fluviais, tais como: zoneamentos ambientais, projetos de recuperação de áreas degradadas, de recuperação de matas ciliares poderão lançar mão da metodologia proposta pelo PAR, assim como acrescentar subsídios à formulação e execução de obras de engenharia natural direcionadas à estabilização das margens dos cursos d’água.

Palavras-chave: Área de Preservação Permanente. Curso d’água. Estabilidade de Talude Fluvial. Erosão marginal.

ABSTRACT

Masters Dissertation
Graduate Program in Civil Engineering
Federal University of Santa Maria

RAPID ASSESSMENT PROTOCOL FOR PHYSICAL PARAMETERS INDICATORS OF EROSION IN RIVER SLOPES

AUTHOR: Teiva Fernanda Schetttert

ADVISOR: Jussara Cabral Cruz

Defense Date and Place: Santa Maria, August 31, 2015.

The development of rapid assessment protocols that work with indicators of erosion brittleness of river embankments, aims to relate parameters and provide diagnostics to assist in the management of water resources. Providing a new tool to be explored, with great possibility to be adopted as a method of practice and to generate reliable results. This research deals with the study of the Rapid Assessment Protocol (RAP) derived from the doctoral thesis "Indicators Brittleness Erosion in support of definition of Permanent Preservation Areas in rivers" of Josita Soares Monteiro, presented in 2014. The RAP consists of admittedly influential parameters on the stability of river embankments - vegetation; soil texture; stretch of the river; slope inclination; soil depth in slope; width of the stream and use and land cover - and of weights / notes concerning the characteristics of these parameters. As a result, the protocol provides a gradual classification concerning the state of "susceptibility to erosion" of the banks of the stream of Val Buia in Silveira Martins/RS, where this research was conducted. Amplification of the weight assigned to the parameters that make up the RAP of Monteiro (2014); performing a sensitivity analysis on RAP parameters in order to identify those that provide greater relevance in its final outcome; the implementation of changes in the criteria and structure of RAP and its reuse in the thesis study area, the stream Val Buia; and comparing the results of the original PAR with the PAR reapplied were the objectives of the study. The increase made on the weights of RAP parameters did not change the result of the classification of the sampling units in the categories of susceptibility to erosion. Sensitivity analysis demonstrated that the most sensitive parameters to changes in their weights are the highest scored, and, consequently, features which provide high susceptibility to erosion of the river embankments. The protocol used in the study area had partially similar result to that of Monteiro (2014). In order to better target the interpretations regarding the description of the area observed during visual assessment, it is suggested the preparation of well-defined characterization and typologies of measures for the RAP parameters evaluated. The addition of a new parameter in the protocol of Monteiro (2014) - the "river longitudinal profile" parameter - could provide better assessment of the areas that are affected by successive floods. Several fronts related to the assessment of the physical and environmental conditions of river embankments, such as environmental zoning, recovery projects of degraded areas and recovery of riparian forests may make use of the methodology proposed by RAP, as well as adding subsidies to the formulation and execution of natural engineering works aimed at stabilizing the banks of waterways.

Keywords: Permanent Preservation Area. Watercourse. River Slope Stability. Rapid Assessment Protocol. River Slope. Erosivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo da alteração do valor de um parâmetro enquanto os demais permanecem iguais entre si, mas com menor valor, a soma total deve ser a mesma.	26
Figura 2 - Localização da microbacia do Arroio Val de Buia, Silveira Martins – RS, na sub-bacia hidrográfica do Arroio Grande que está inserida na bacia hidrográfica do Vacacaí-Vacacaí Mirim.	27
Figura 3 - Vegetação original do Rio Grande do Sul e a localização do município da área de estudo.	29
Figura 4 - Distribuição geomorfo-pedológica das áreas do rebordo do Planalto, na Quarta Colônia do Rio Grande do Sul	30
Figura 5 - Perfil longitudinal do Arroio Val de Buia, Silveira Martins – RS, segmentado em três trechos distintos, em função da diferença de declividade.	33
Figura 6 - Carta imagem da microbacia do Arroio Val de Buia, com a distribuição dos pontos de coleta de dados.	36
Figura 7 - Análise de sensibilidade dos sete parâmetros do PAR-o: vegetação, solo, uso e ocupação da terra, profundidade e inclinação do talude, largura e trecho do curso d'água.	45
Figura 8 - Comparação dos resultados do PAR original e reaplicado e sua distribuição nas classes de suscetibilidade à erosão.	53
Figura 9 - Imagem do ponto 19, unidades amostrais P19E e P19D respectivamente, situadas no trecho III do Arroio Val de Buia.	53
Figura 10 - Figura 10 - Planilhas de campo com divergência de avaliações, como exemplo é mostrado o ponto 19.	54
Figura 11 - Margem direita do ponto 9, visão em direção a montante do Arroio Val de Buia	56
Figura 12 - Trecho III do perfil longitudinal do Arroio Val de Buia.	59
Figura 13 - Exemplo da estrutura e constituição das margens do trecho III do Arroio Val de Buia.	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classes de solos existentes na bacia de Arroio Grande e suas respectivas classificações quanto à fragilidade ambiental.	31
Tabela 2 - Denominação das unidades amostrais (U. A.) em função da localização dos pontos e da margem que se encontravam os mesmos.....	34
Tabela 3 - Definição dos pesos relacionados à sua influência sobre a suscetibilidade à erosão de taludes fluviais.....	35
Tabela 4 - Interpretação dos parâmetros integrantes do PAR-o e as categorias de influência dos mesmos sobre a suscetibilidade à erosão de taludes fluviais.	37
Tabela 5 - Intervalos de classe do resultado final do PAR, suas respectivas categorias de suscetibilidade a erosão de taludes fluviais.	38
Tabela 6 - Resultados do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) aplicado nas diferentes U.A. do Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS.....	38
Tabela 7 - Exemplo demonstrando a variação do parâmetro Vegetação em 1/5 e 1/3 na unidade amostral P1D.	40
Tabela 8 - Intervalos de classe do resultado final do PAR, suas respectivas categorias de suscetibilidade a erosão de taludes fluviais.	41
Tabela 9 - Resultados do PAR original e suas médias e do PAR ampliado.....	41
Tabela 10 - Resultado do PAR ampliado, notas dos parâmetros originais; descrição dos parâmetros.	46
Tabela 11 - Interpretação dos parâmetros integrantes do PAR-r e as categorias de influência dos mesmos sobre a suscetibilidade à erosão de taludes fluviais.....	49
Tabela 12 - Intervalos de classe e suas categorias de suscetibilidade a erosão de taludes fluviais readequados respectivamente.....	49
Tabela 13 - Resultado do PAR reaplicado em cada unidade amostral (linha branca), e o PAR-or: resultado readequado do PAR original (linha cinza).....	50

LISTA DE REDUÇÕES

APP	Área de Preservação Permanente
P	Ponto
D	Margem direita
E	Margem esquerda
ha	Hectare (s)
m	Metro (s)
cm	Centímetro (s)
PAR	Protocolo de Avaliação Rápida
PAR-o	PAR original ou inicial
PAR-ampli	PAR com valores ampliados
PAR-or	Resultado do PAR original readequado
PAR-r	PAR reaplicado
U.A.	Unidade Amostral (s)
SAD69	South American Datum 1969
UTM	Universal Transversa de Mercator
WGS84	World Geodetic System 84

LISTA DE ANEXOS

Anexo A - Texto com as orientações de como aplicar o PAR entregue aos profissionais nas campanhas a campo.....	68
Anexo B - Planilha de campo.	70

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 JUSTIFICATIVA.....	17
3 OBJETIVO	18
3.1 Objetivos Gerais.....	18
3.2 Objetivos Específicos	18
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
4.1 Matas ciliares e seus aspectos	19
4.2 Geomorfologia fluvial.....	21
4.3 Hidráulica fluvial.....	23
4.4 Protocolo de avaliação rápida.....	23
4.5 Análise de sensibilidade.....	25
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
5.1 Caracterização da área de estudo	27
5.1.1 Localização	27
5.1.2 Clima	28
5.1.3 Vegetação	28
5.1.4 Geomorfologia	30
5.1.5 Solos	30
5.1.6 Perfil longitudinal do Arroio Val de Buia	32
5.2 PAR aplicado no Arroio Val de Buia.....	33
5.4 Ajustes e testes realizados no PAR.....	39
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
6.1 Ampliação dos dados do PAR	41
6.2 Análise de sensibilidade.....	42
6.3 Reaplicação do PAR.....	48
7 CONCLUSÃO	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
ANEXOS	67

APRESENTAÇÃO

A presente dissertação trata do estudo do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) oriundo da tese de doutorado *“Indicadores de Fragilidade à Erosão no apoio à definição de Áreas de Preservação Permanente em rios”* de Josita Soares Monteiro, apresentada em 2014.

A tese de Monteiro (2014) além de ser a norteadora do tema, também forneceu a base do presente trabalho, através da utilização de seus resultados e observações, para constituir principalmente a seção de materiais e métodos.

O PAR é constituído de parâmetros reconhecidamente influentes na estabilidade de taludes fluviais, e pesos/notas relativos às características desses parâmetros. Como resultado, o protocolo apresenta uma classificação gradual com relação ao estado de “susceptibilidade à erosão” das margens do arroio Val de Buia, no qual esta pesquisa foi realizada.

1 INTRODUÇÃO

Controlar a pressão à que atualmente os recursos hídricos estão submetidos é um desafio para a manutenção do desenvolvimento que vise à sustentabilidade, e se constitui num dos objetivos para assegurar a continuidade da nossa espécie. Dentre os recursos necessários à sobrevivência, a água se estabelece como sendo primordial e condicionante da vida.

Diante de várias frentes que são tomadas para resolução dos problemas relacionados à manutenção e conservação dos recursos hídricos, a ciência ocupa-se da inserção de novos olhares e soluções, através de experimentos, pesquisas, desenvolvimento de teorias e conceitos que por fim chegam à sociedade para sua aplicação prática.

O conhecimento gerado e transformado ao longo dos séculos proporcionou uma crescente especialização dos “ramos” das ciências naturais e sociais, em se tratando da primeira, sua ramificação, similar aos rios de uma bacia hidrográfica, traz afastamento e, muitas vezes, perspectivas diferentes sobre uma mesma questão e tema. Neste âmbito, a interdisciplinaridade surge em contra partida para realizar o entrelaçamento dos conhecimentos específicos e assim cobrir as lacunas que eventualmente surgem causadas por avaliações unidirecionais.

Nesse contexto, técnicas que utilizem da interdisciplinaridade vêm sendo desenvolvidas em resposta às múltiplas reivindicações crescentes, relacionadas aos recursos naturais e à sustentabilidade dos mesmos. Consequentemente podemos inferir que os protocolos de avaliação rápida (PAR) se encaixam satisfatoriamente como exemplos do emprego do conhecimento interdisciplinar. Sendo formulados com a confluência dos ramos das ciências agrárias, exatas, tecnológicas e sociais, servem para elaborar um diagnóstico de uma situação, fazendo uma avaliação multifacetada da questão, e por fim, gerando um resultado abrangente e eficiente para auxiliar numa tomada de decisão.

Trabalhos de pesquisa nacionais de desenvolvimento de PARs, com ênfase nos recursos hídricos, são numericamente mais expressivos quando tratam da qualidade da água. Com relação à descrição e avaliação de atributos físicos dos ecossistemas fluviais, a pesquisa é recente e carece de desenvolvimento. As referências encontradas nesse âmbito são internacionais e, devem ser utilizadas

com muita cautela, devido às particularidades da nossa vegetação, solo e regime pluviométrico característicos do clima brasileiro.

O desenvolvimento de protocolos de avaliação rápida, que trabalham com indicadores de fragilidades à erosão de taludes fluviais, se insere nessa lacuna. Com objetivo de relacionar parâmetros e fornecer diagnósticos para auxiliar na gestão dos recursos hídricos, constituem uma nova ferramenta a ser explorada, com grande possibilidade de ser adotada como um método de utilização prática e gerador de resultados confiáveis.

2 JUSTIFICATIVA

A estabilidade das margens dos rios ou taludes fluviais desempenha papel fundamental na conservação, preservação e manutenção do equilíbrio dinâmico dos cursos d'água. Nesse contexto se insere a necessidade de uma metodologia que proporcione uma avaliação das condições físicas das áreas adjacentes e margens de rios e córregos, para que, com esse diagnóstico, sejam definidas diretrizes e ações relacionadas à gestão dos recursos hídricos.

3 OBJETIVO

3.1 Objetivos Gerais

A presente dissertação tem por finalidade aplicar recomendações posteriores a conclusão de tese de Monteiro (2014), relacionada à elaboração e especificação de subsídios para aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR), que avalia indicadores de erosão em taludes fluviais, visando aprimorar esta ferramenta para sua futura adoção em práticas de diagnóstico de fragilidades de áreas vertentes aos cursos d'água.

3.2 Objetivos Específicos

a) Amplificar o peso atribuído aos parâmetros que compõem o PAR para analisar o efeito no seu resultado final, visando à obtenção de novos valores e/ou mais detalhados;

b) Realizar uma análise de sensibilidade sobre parâmetros do PAR com o propósito de identificar os que proporcionam maior relevância no seu resultado final;

c) Implementar mudanças e especificidades nos critérios e/ou estrutura do PAR e, com isso, reaplicá-lo na área de estudo da tese, o Arroio Val de Buia - Silveira Martins - RS, nos mesmos pontos observados na ocasião da sua primeira aplicação;

d) A partir da realidade encontrada na área de estudo, obter um resultado final com o PAR reaplicado e confrontá-lo com o resultado final do PAR original, formulando considerações e discussões pertinentes à comparação dos protocolos.

e) Identificar e avaliar os subsídios necessários para aplicação do Método de Monteiro, de acordo com a comparação das análises obtidas de diferentes avaliadores com a reaplicação do PAR na área de estudo.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Matas ciliares e seus aspectos

As matas ciliares, definidas como florestas associadas a cursos d'água, proporcionalmente têm ampla distribuição geográfica, mas recobrem uma superfície pequena na paisagem. Dados de vários trabalhos realizados em bacias e microbacias hidrográficas têm evidenciado que a presença da mata ciliar é garantia de estabilidade e de menor concentração de sedimentos no deflúvio (LIMA; ZAKIA, 2000).

Zakia (1998) afirma que, em microbacias, a presença de vegetação ciliar nas zonas ripárias, que incluem as margens dos riachos e ribeirões, bem como as suas cabeceiras, além de outras áreas saturadas que podem ocorrer na microbacia, constitui condição básica, mas não suficiente, para garantir a manutenção da integridade dos processos hidrológicos e ecológicos. As zonas ripárias por sua vez, constituem parte importante da microbacia, tanto do ponto de vista estético, como ecológico, em termos de biodiversidade, e principalmente hidrológico. Caracterizam-se pela condição de saturação decorrente da proximidade do lençol freático na maior parte do ano, visto que nelas há o predomínio de espécies tipicamente adaptadas a essas condições edáficas. A função hidrológica da vegetação ciliar ou ripária compreende sua influência em uma série de fatores importantes para a manutenção da estabilidade da microbacia, tais como: atenuação do pico das cheias, processo de geração do escoamento direto de uma chuva, dissipação de energia do escoamento superficial pela rugosidade das margens, equilíbrio térmico da água, estabilidade das margens e barrancas, ciclagem de nutrientes, controle da sedimentação, etc., desta forma influenciando, indiretamente, a qualidade da água e o habitat de peixes e de outras formas de vida aquática.

Conforme Allan e Castillo (2007), a área que margeia o curso d'água, sem dúvida, tem a influência mais relevante, afetando os rios em suas múltiplas funções. Chamada de zona ripária, e incluindo planície de inundação em locais onde o rio com frequência transborda suas margens, a influência das margens dos cursos d'água e sua vegetação não pode ser menos ressaltada. Raízes estabilizam os

taludes e evitam sua queda, galhos e troncos criam diversidade de habitats onde quer que eles quedem, a sombra do dossel evita o aquecimento excessivo, o aporte de vegetação e invertebrados são importantes fontes de energia para transmitir teias alimentares. Quando há alterações da vegetação ao longo do comprimento de um rio, através de regiões ecológicas ou devido a atividades humanas, o curso d'água também de várias maneiras é afetado.

Para Minatti-ferreira e Beaumord (2006), o desmatamento nas cabeceiras, contribui para o aumento e aceleração de processos erosivos. A retirada da vegetação associada à declividade do terreno exerce influência na infiltração da água da chuva e na velocidade do escoamento superficial. Consequentemente provoca um aumento na carga sedimentar recebida pelo corpo d'água, o que reduz a disponibilidade de habitats para a biota aquática. Sinais de erosão podem incluir margens desnudas ou sem vegetação, desmoronamentos, raízes e solos expostos.

As raízes das plantas exercem função de estabilização das partículas do solo, por meio de diversos mecanismos, como o aumento da resistência ao cisalhamento, promovido especialmente pelas radículas, que mantêm maior relação superfície/volume radicular; e com a estabilização de movimentos de massa pelo efeito das raízes, especialmente as pivotantes, que atuam de maneira semelhante à dos "tirantes vivos", promovendo o ancoramento de grandes massas de solo. Esse efeito de "tirantes vivos" é especialmente verificado em perfis do solo com diferenças significativas entre resistência ao cisalhamento ao longo da profundidade do perfil como em solos residuais (COELHO; PEREIRA, 2008).

Conforme Martins (2013), a simples aplicação da legislação sobre APPs tende a evitar vários problemas de erosão dos solos. A conservação de florestas remanescentes ou a sua restauração nos topos de morros favorece a infiltração de água no solo e a recarga do lençol freático, auxiliando na regularização da vazão e aumentando o volume de água dentro da microbacia. As matas ciliares, por sua vez, protegem as margens dos rios da erosão provocada pela oscilação do seu leito, além de reterem os sedimentos oriundos do transporte pela ação de águas pluviais da parte mais alta do terreno.

Os efeitos de contenção do solo para evitar e, ou, controlar a erosão e a proteção de corpos d'água do assoreamento caminham juntos, uma vez que atingida a estabilização do talude a redução do carreamento de sedimentos para os corpos d'água é uma consequência natural (MARTINS, 2013).

A intensidade do processo erosivo está vinculada às magnitudes dos eventos climáticos, principalmente à intensidade do vento e dos eventos hidrológicos, bem como a variação da vazão, a variação da cota e a velocidade do fluxo. Isso, associado às características físicas do talude em cada ponto, faz com que as taxas erosivas sejam maiores em determinados meses do ano (HOLANDA et al, 2005).

4.2 Geomorfologia fluvial

As águas, que precipitam sobre as vertentes, concentram-se progressivamente em coletores de dimensões e regimes diversos, torrencial ou permanente. Cada coletor natural recebe águas superficiais e de percolação que circulam numa área restrita, que constitui a bacia de recepção desse coletor, que no caso de um curso d'água se chama bacia fluvial (SARDINHA; MACEDO, 1981).

Conforme Schwarzbald, 2010, a manutenção de um sistema de escoamento - o sistema rio - depende do balanço hidrológico, questão-chave para as águas superficiais. O escoamento superficial dos rios para corpos de água de ordem superior, expresso quantitativamente em forma de vazão, é continuamente reabastecido por massas de água de outras fontes, ou seja, de parte da taxa evaporação vinda do mar ou de outras bacias hidrográficas, seguido da precipitação na bacia de drenagem e, secundariamente, do fluxo basal, proveniente da água subterrânea, que inclusive pode ser oriundo da drenagem de outras bacias hidrográficas. A precipitação provoca uma resposta com aumento da vazão e conduz à recarga da água subterrânea, por infiltração. O escoamento superficial, de parte da precipitação, promove a resposta rápida das cheias dos rios. Uma resposta mais lenta é determinada pelo fluxo de base que é formado pela infiltração da precipitação e recarga da água subterrânea, o fluxo basal assegura a continuidade da vazão de um rio, mesmo nos períodos de estiagem.

O ajuste de um rio às várias condições hidrológicas reflete-se na sua morfologia, isto é, em seus perfis longitudinal e transversal. Ênfase especial é dada ao ajuste do seu gradiente ou perfil longitudinal. Uma corrente é dita em equilíbrio quando nela não se verifica nem erosão e nem deposição de material em qualquer ponto de seu curso. Nas condições de equilíbrio, o rio é capaz de transportar todo

material fornecido pelas vertentes. O perfil longitudinal de equilíbrio da corrente apresenta forma côncava continua com declividade suficiente para transportar a carga do rio. A inclinação do perfil acentua-se em direção às cabeceiras e decresce à medida que o rio se aproxima da foz. (BIGARELLA et al, 2003).

A distribuição da velocidade de fluxo e da turbulência em canais fluviais, de acordo Bigarella (2003), é importante na definição dos processos deposicionais e erosivos das correntes e, conseqüentemente, nos tipos das fácies sedimentares resultantes. A velocidade das águas de um rio varia de ponto a ponto ao longo do perfil transversal. Em geral a área de maior velocidade situa-se abaixo da superfície das águas, enquanto as áreas com menores velocidades situam-se junto ao fundo e próximo às paredes laterais do canal. Em um canal retilíneo e simétrico, o eixo de máxima velocidade ocorre no seu centro, decrescendo lentamente em direção as margens. Em suas proximidades e junto ao leito do canal, a diminuição da velocidade se faz abruptamente. Já nos canais assimétricos característicos de rios meandrantés, o eixo de máxima velocidade situa-se mais próximo do banco côncavo, o mesmo ocorrendo com a zona de máxima turbulência. A velocidade e a turbulência decrescem em direção ao banco convexo de menor profundidade. Altas velocidades e o aumento do gradiente hidráulico, que ocorrem durante as cheias, tendem a retificar o canal, simulando condições próprias dos rios retilíneos. Nessas condições o banco convexo é escavado, formando-se corredeiras sobre a barra de areia.

A *competência* de um rio retrata o tamanho das partículas que podem ser movimentadas pelo fluxo sendo determinada pelo maior diâmetro encontrado entre os detritos transportados como carga do leito. A *capacidade* de um rio relaciona-se com a quantidade de material que pode ser movimentada por unidade de tempo, correspondendo à quantidade máxima de sedimentos, de determinada classe granulométrica, que o rio pode transportar. (CRISTOFOLETTI, 1981).

O perfil longitudinal em toda a sua extensão resulta do trabalho que o rio executa para manter o equilíbrio entre a capacidade e a competência de um lado com a quantidade e a granulometria da carga detrítica de outro lado. Se a capacidade e a competência do rio forem maiores do que as requeridas para o transporte da carga, o rio deverá diminuir-las realizando modificações na morfologia e declive do canal. Inversamente, se a capacidade e competência forem menores do

as requeridas para o transporte da carga, o rio deverá aumentá-las modificando a forma e a declividade do canal (BIGARELLA et al, 2003).

Anastomosamento fluvial constitui o processo sedimentar responsável pelo padrão de canal anastomosado dos rios ricos em carga de fundo, alto declive e descargas “instantâneas”. O anastomosamento começa num trecho originalmente não anastomosado, com a deposição de uma pequena barra submersa de material grosseiro durante a enchente. Uma vez iniciada, a barra cresce aproximadamente ao nível da planície de inundação. A barra desenvolve-se com sua extensão maior para jusante. O crescimento lateral e longitudinal reduzem a largura dos canais tornando-os instáveis e lateralmente erodíveis (ALLEN, 1965 apud SAGUIO; BIGARELLA, 1990).

4.3 Hidráulica fluvial

As calhas dos rios atuam como canais naturais para drenagem de uma bacia hidrográfica recebendo ao mesmo tempo contribuição da vazão sólida proveniente da bacia e do próprio leito. Com relação ao comportamento hidráulico, o dos rios é semelhante ao dos canais artificiais, porém, ocorre a diferenciação na forma geométrica, que nos rios apresenta-se bem irregular, pois é adaptada a topografia da bacia hidrográfica, curvando e contornando obstáculos, na busca contínua por um trajeto que seja ótimo no sentido da conservação ou dispêndio mínimo de energia (SILVA; MASCARENHAS; MIGUEZ, 2007).

4.4 Protocolo de avaliação rápida

O primeiro passo para a resolução dos problemas socioambientais gerados pela má gestão dos recursos hídricos é o desenvolvimento de metodologias de diagnóstico eficientes (BUSS, 2003).

Nesse caso, um instrumento capaz de perceber pequenas alterações nos atributos físicos dos habitats seriam os protocolos de avaliação rápida de rios

(PARs), ferramentas que apresentam justamente a característica de agregar indicadores de qualidade ambiental referentes aos aspectos físicos do habitat, e que podem ser usados como um instrumento de avaliação dos mesmos. (RODRIGUES; MALFAIA; CASTRO, 2010).

Os PARs reúnem procedimentos metodológicos aplicáveis à avaliação de maneira rápida, qualitativa e semi-quantitativa, de um conjunto de variáveis representativas dos principais componentes e fatores que condicionam e controlam os processos e funções ecológicas dos sistemas fluviais, criando diferentes escalas de condições ambientais para a biota e ambiente. (CALLISTO et al., 2002; RODRIGUES; CASTRO, 2008).

Rodrigues e Castro (2008) salientam que o uso dos PAR's como instrumentos complementares no monitoramento dos recursos hídricos, exige que indicadores ambientais sejam criteriosamente desenvolvidos para esse fim, os quais devem caracterizar efetivamente as condições dos sistemas lóticos. Os autores ainda afirmam que em uma avaliação onde os aspectos físicos do habitat são priorizados, parâmetros como os relacionados com a geomorfologia, ecomorfologia, hidrologia e sedimentologia.

Entender as características e a dinâmica dos corpos hídricos é fundamental para a preservação e manutenção dos ecossistemas fluviais, principalmente quando se parte do pressuposto de que as condições ambientais de um rio estão relacionadas aos aspectos físicos do *habitat*. Os PARs enquanto instrumentos viáveis na avaliação destes sistemas são tidos como uma proposta metodológica que avalia de modo integrado os dados físicos que determinam a qualidade dos corpos d'água, permitindo a obtenção de informações que possibilitem o planejamento do uso e conservação dos recursos hídricos. Através dos parâmetros avaliados nos PARs é possível detectar perturbações na dinâmica fluvial decorrentes das alterações antrópicas na paisagem a qual influencia direta e/ou indiretamente o funcionamento e a natureza dos corpos d'água (RODRIGUES; MALFAIA; CASTRO, 2010).

Outro ponto positivo que pode ser destacado no método diz respeito à equipe de avaliadores que pode realizar o monitoramento. Em geral, não são necessários especialistas no assunto e o método pode ser estendido a pessoas de qualquer segmento social, bastando para isso um treinamento prévio que ofereça instruções mínimas que os permitam aplicar o protocolo sem grandes divergências

(RODRIGUES, 2008). O referido autor acrescenta que, para possibilitar a aplicação de um dado PAR em diferentes regiões, são necessárias adaptações na composição do mesmo, pois as características dos corpos d'água mudam em função de fatores como clima, relevo, geologia e vegetação. No entanto, desrespeitada essa necessidade de adequações, os resultados obtidos podem mascarar a real situação do local. Todavia, quando realizadas as alterações necessárias os protocolos são aplicáveis a qualquer tipo de ecossistema fluvial.

De acordo com Callisto et al. (2002), o método de avaliação de habitats com base na avaliação visual constitui-se em importante ferramenta no treinamento pessoal, devendo ainda contribuir para a capacitação de profissionais especializados e capazes de atuar em projetos de avaliação de impacto ambiental.

Rodrigues e Castro (2008) reiteram, em síntese, que o método de avaliação através dos protocolos é diferenciado das avaliações comuns por ter um baixo custo e, além de permitir que todo o ambiente seja avaliado, proporciona também a inclusão da comunidade na gestão dos recursos hídricos.

4.5 Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade pode ser definida como uma técnica que permite a avaliação das variáveis de saída em função de alterações nos valores das variáveis de entrada (Silveira, 2010).

O conceito de sensibilidade, no estudo de Trevisan et al (2010), considera as diferenças entre cenários resultantes de processamento da avaliação multicritério quando se faz a variação do peso de um fator mantendo-se os demais iguais. Assim, a finalidade de uma avaliação (ou análise) multicritério é retornar uma nota sobre determinado objetivo a ser alcançado. Para isto, basicamente, é feito um equacionamento no qual constam os fatores a serem considerados, os pesos dados a esses fatores e uma hierarquização entre eles. Os fatores são também chamados critérios ou parâmetros. Os pesos são valores multiplicadores dos fatores (Figura 1).

As abordagens multicritérios se constituem em formas de modelar os processos de decisão, onde entram em jogo: uma decisão a ser tomada, os eventos

desconhecidos que podem afetar os resultados, os possíveis cursos de ação e os próprios resultados (VILAS BOAS, 2005).

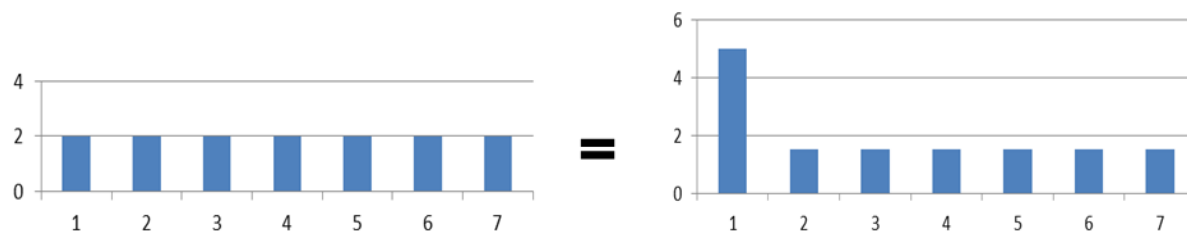


Figura 1 - Exemplo da alteração do valor de um parâmetro enquanto os demais permanecem iguais entre si, mas com menor valor, a soma total deve ser a mesma.

Por meio da utilização de análise multicritério considera-se ao mesmo tempo diversos critérios no estudo de uma situação complexa. Esse método é destinado a ajudar decisores, na tomada de decisão, a integrar diferentes opções nas suas ações, refletindo assim sobre os possíveis efeitos de diferentes agentes envolvidos num cenário futuro ou atual. Deste modo, os resultados das análises de sensibilidade realizadas são, em sua maioria, orientações para decisões de natureza prática, operacional ou para a apresentação de recomendações para futuras atividades.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Caracterização da área de estudo

5.1.1 Localização

A área na qual estão alocados os pontos e unidades amostrais dos quais foram coletados os dados desta pesquisa está situada no município de Silveira Martins, no Arroio Val de Buia. (Figura 2).

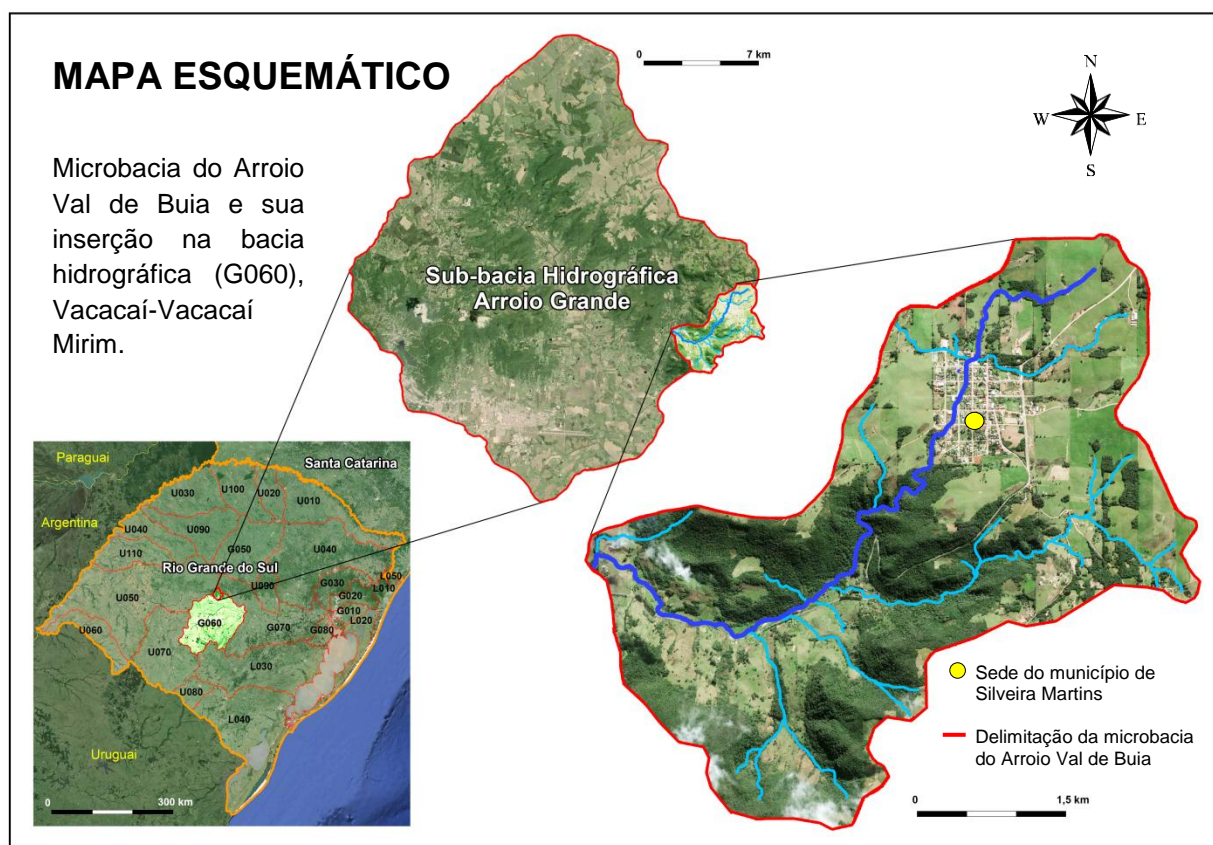


Figura 2 - Localização da microbacia do Arroio Val de Buia, Silveira Martins – RS, na sub-bacia hidrográfica do Arroio Grande que está inserida na bacia hidrográfica do Vacacaí-Vacacaí Mirim.

A localização da sub-bacia hidrográfica do Arroio Grande no contexto da bacia hidrográfica Vacacaí-Vacacaí Mirim pode ser observada na figura 2.

Conforme o contexto hidrológico, a área de estudo insere-se na Região Hidrográfica do Atlântico Sul e, segundo a divisão estadual, situa-se na região Hidrográfica do Guaíba (G080). A Bacia Hidrográfica do Vacacaí-Vacacaí Mirim está localizada na porção centro-ocidental do Estado, entre as coordenadas geográficas 29°35' a 30°45' de latitude Sul e 53°04' a 54°34' de longitude Oeste. Abrange as províncias geomorfológicas Depressão Central e Escudo Sul Rio-Grandense possuindo uma área de 11.077,34 km² (SEMA, 2010a). Os principais cursos d'água que formam a bacia são: Arroio Grande, Arroio do Meio, Arroio do Veado, Arroio Lobato, Arroio Manoel Alves e Rio Vacacaí-Mirim - afluentes do rio Vacacaí.

5.1.2 Clima

Na região da Depressão Central do RS, onde se encontra parte da microbacia hidrográfica do Arroio Val de Buia, o clima é classificado como "Cfa 2", de acordo com o sistema de Köppen, predominantemente subtropical. Caracteriza-se por apresentar chuvas durante todos os meses do ano e possuir a temperatura do mês mais quente superior a 22°C, e a do mês mais frio superior a 3°C. As temperaturas máximas ocorrem no período de verão, podendo ser superiores a 40°C.

5.1.3 Vegetação

A Bacia Hidrográfica do Vacacaí-Vacacaí Mirim, de acordo com o Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul (SEMA, 2010b), possui uma cobertura florestal de 1.458,92 km², o que representa 0,516% da cobertura do Estado, sendo 1.378,98 km² (0,488%) de florestas nativas em seus estágios iniciais, médios e avançados de sucessão e 79,94 km² (0,028%) de reflorestamentos assim distribuídos: 71,68 km² (0,025%) de Eucaliptos, 8,17 km² (0,003%) de Pinus e 0,09 km² (0,00003%) de Acácia-negra.

Segundo Brena e Longhi (2002), o enquadramento fitogeográfico da Bacia do Arroio Grande, corresponde principalmente às florestas estacionais decíduas. Revestindo toda a encosta sul do Planalto Rio-grandense, encontra-se uma floresta densa, de caráter estacional, tipicamente conhecida por Mata Atlântica. O município de Silveira Martins caracteriza-se por uma cobertura florestal de 37,60 Km², que corresponde a 30,7 % do seu território.

De acordo com Marchiori (2004) as formações silváticas associadas às margens dos rios são denominadas florestas de galeria, ciliares, ripárias ou ripícolas. A vegetação reófito, composta por espécies adaptadas para suportar a força da correnteza ou eventual submersão por ocasião de enchentes é caracterizada por uma comunidade singular de arbustos e árvores pequenas, geralmente sarandis ou amarelos, com ampla distribuição geográfica no Estado: *Sebastiania schottiana*, *Sebastiania brasiliensis*, *Calliandra brevipes*, *Terminalia australis*, *Phyllanthus sellowianus*, *Cephalanthus glabratus*, *Pouteria salicifolia* e *Salix humboldtiana*.

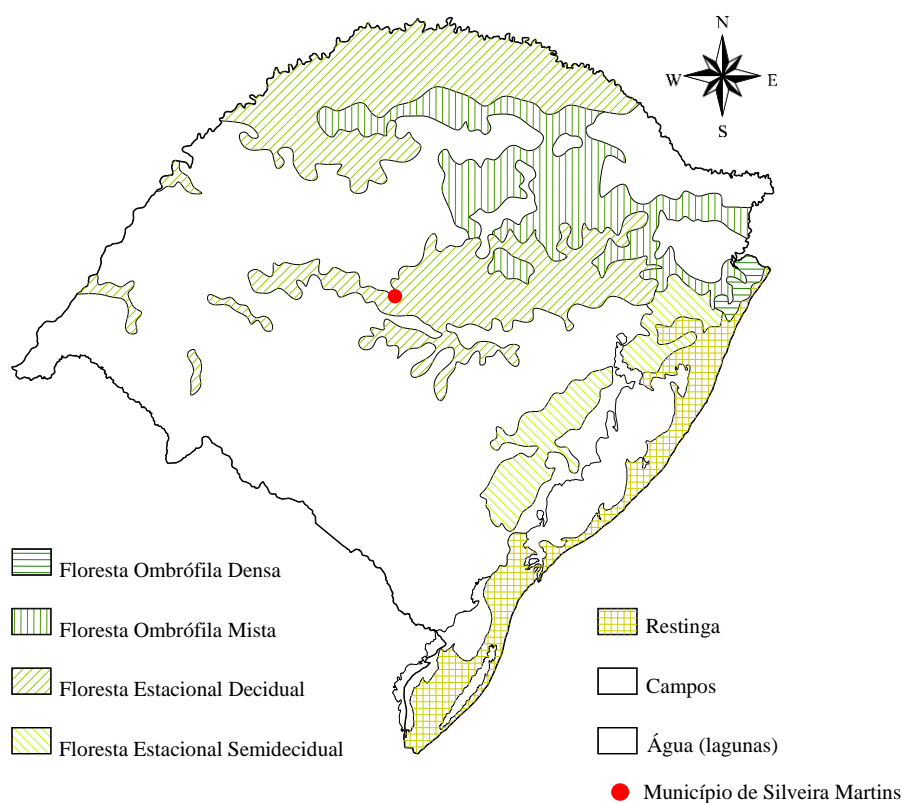


Figura 3 - Vegetação original do Rio Grande do Sul e a localização do município da área de estudo.

Fonte: Modificado de Quadros; Pillar (2002) adaptado por Sutili (2007).

5.1.4 Geomorfologia

O município de Silveira Martins apresenta altitudes que variam de 80 a 500 m, com a presença de relevo acidentado. Geomorfologicamente situa-se na transição entre a Depressão Central e o Rebordo do Planalto (Figura 4).

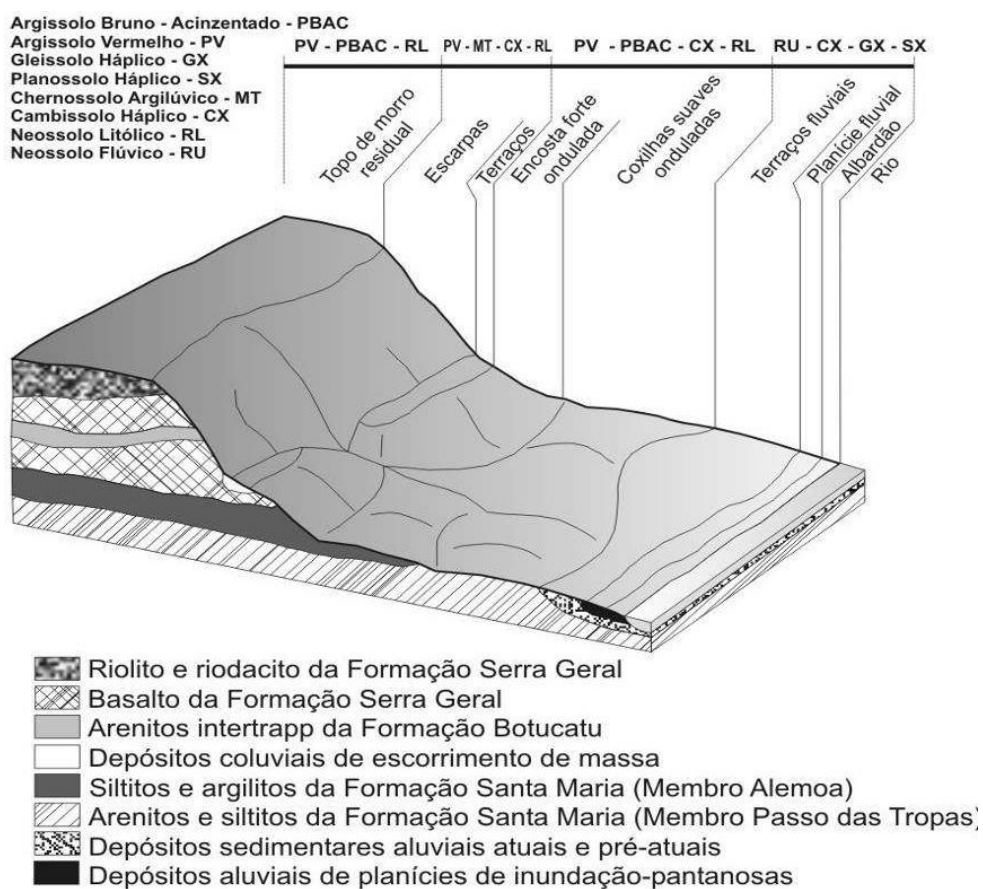


Figura 4 - Distribuição geomorfopedológica das áreas do rebordo do Planalto, na Quarta Colônia do Rio Grande do Sul

Fonte: Pedron et al., (2007).

5.1.5 Solos

Conforme Streck (2008), a bacia hidrográfica do Arroio Grande possui as seguintes classificações de solo conforme primeira coluna da tabela 1. Já de acordo

com a caracterização da fragilidade ambiental na área da bacia, Padilha; Trevisan e Cruz (2013) determinaram as classes de fragilidade correspondentes às classes de solo existentes na região (Tabela 1).

Tabela 1 - Classes de solos existentes na bacia de Arroio Grande e suas respectivas classificações quanto à fragilidade ambiental.

CLASSES DE SOLO	CLASSES DE FRAGILIDADE
Argissolo Bruno Acinzentado Alumínico típico (PBACa)	Médio
Argissolo Bruno Acinzentado Alítico úmbrico (PBACal)	Médio
Argissolo Vermelho- Amarelo Alumínico-úmbrico (PVAa2)	Médio
Argissolo Vermelho Distrófico arênico(PVd2)	Forte
Planossolo Háptico Eutrófico arênico (SXe4)	Muito Forte
Associação (RRe1- CXe -TXp)	Muito Forte
<i>Cambissolo Háptico Eutrófico</i>	<i>Forte</i>
<i>Luvissolo Háptico Pálico</i>	<i>Muito Forte</i>
<i>Nessolo Regoítico Eutrófico típico</i>	<i>Muito Forte</i>

Fonte: Adaptado de Padilha; Trevisan; Cruz (2013).

A microbacia do arroio Val de Buia, possui como classes de solos predominantes: Argissolo Bruno Acinzentado Alítico úmbrico (PBACal); Neossolo Regoítico Eutrófico típico e Planossolo Háptico Eutrófico arênico (SXe4).

A partir da descrição acima, destacam-se as características fundamentais das principais unidades de solo existentes na microbacia do Arroio Val de Buia:

a) Argissolos: possuem um horizonte subsuperficial argiloso e são solos geralmente profundos e bem drenados. Ocorrem em relevos suaves e ondulados na Depressão Central, Campanha e na Encosta do Planalto Meridional, podem apresentar limitações químicas devido à baixa fertilidade natural, forte acidez e alta saturação por alumínio, sendo também de alta suscetibilidade à erosão e degradação.

b) Neossolos: são solos pouco desenvolvidos e normalmente rasos, de formação muito recente, encontrados nas mais diversas condições de relevo e drenagem. O uso está restrito ao relevo e à baixa profundidade, exigindo práticas conservacionistas severas.

c) Planossolos: são solos localizados em áreas de relevo suave, ondulados ou planos e mal drenados. Normalmente aparecem nas margens dos rios e lagoas como na Depressão Central.

5.1.6 Perfil longitudinal do Arroio Val de Buia

Um formato côncavo do perfil longitudinal reflete a maturidade do curso, com declividades maiores em direção à nascente. Cursos de água que apresentam tal morfologia são considerados em equilíbrio (ajuste entre a atuação da erosão, do transporte e da deposição).

De acordo com o levantamento realizado por Monteiro (2014) o arroio Val de Buia tem o perfil longitudinal descrito conforme a figura 4 e as características a seguir:

Trecho I: caracteriza-se por ser o mais plano e apresentar áreas com a presença de atividades agropecuárias, as margens do curso d'água são ocupadas por estreitas faixas de vegetação arbórea e/ou arbustiva e, em sua grande parte, ocupadas por vegetação herbácea. Abriga toda a área urbana do município de Silveira Martins, no qual todo o curso d'água está canalizado e, nos locais onde o córrego flui em superfície observa-se a pavimentação de suas margens e o lançamento de efluentes domésticos em seu leito.

Trecho II: é o mais declivoso dos três trechos, localiza-se na porção central da microbacia, em uma faixa de transição entre o Rebordo do Planalto e a Depressão Central. Em sua maioria é coberto por vegetação arbórea, com formação florestal característica da região de estudo.

Trecho III: o relevo apresenta-se mais plano novamente, propiciando nesta parte da microbacia o cultivo agrícola e as atividades pastoris. Observou-se a redução das áreas vegetadas com floresta ao longo do curso d'água, com predomínio de vegetação herbácea, inclusive com poáceas, até o talude fluvial.

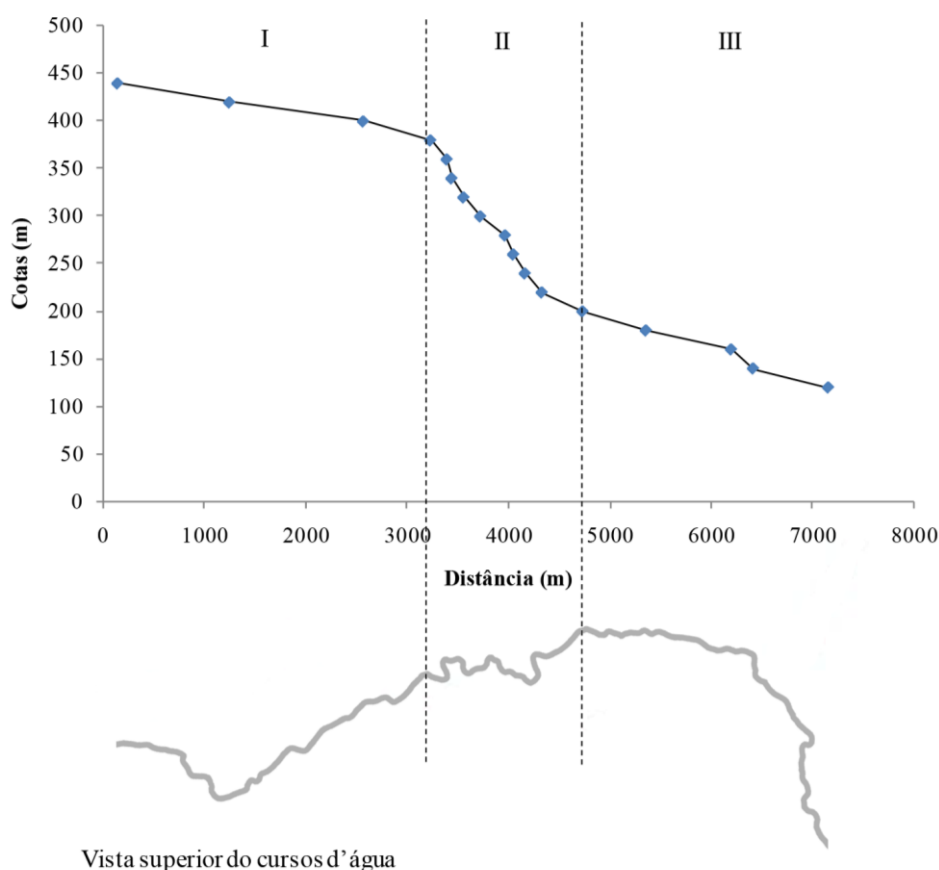


Figura 5 - Perfil longitudinal do Arroio Val de Buia, Silveira Martins – RS, segmentado em três trechos distintos, em função da diferença de declividade. Fonte: Adaptado de Monteiro (2014).

5.2 PAR aplicado no Arroio Val de Buia

O PAR elaborado na tese “Indicadores de fragilidade a erosão no apoio à definição de áreas de preservação permanente em rios”, de Monteiro (2014), tem em sua estrutura a avaliação dos parâmetros: *vegetação*; *textura do solo*; *trecho do rio*; *inclinação do talude*; *profundidade do solo no talude*; *largura do curso d’água* e *uso e cobertura da terra*. Os sete parâmetros componentes do PAR foram determinados através de um questionário específico destinado a pesquisadores de áreas correlatas ao assunto da tese que os elegeram como mais relevantes para o tema em questão.

Conforme o trabalho de Monteiro (2014), a aplicação do PAR foi realizada em 20 pontos distribuídos em três trechos do curso do arroio Val de Buia localizado no

município de Silveira Martins/ RS (Figura 5). Durante a coleta de dados foram avaliadas separadamente as margens esquerda e direita do arroio, formando duas unidades amostrais cada ponto o que resultou num total de 40 unidades amostrais observadas (Tabela 2).

Tabela 2 - Denominação das unidades amostrais (U. A.) em função da localização dos pontos e da margem que se encontravam os mesmos.

Unidades amostrais	Denominação	Descrição
1	P1D	Ponto 1 – Margem Direita
2	P2D	Ponto 2 – Margem Direita
3	P3D	Ponto 3 – Margem Direita
4	P4D	Ponto 4 – Margem Direita
5	P5D	Ponto 5 – Margem Direita
6	P6D	Ponto 6 – Margem Direita
7	P7D	Ponto 7 – Margem Direita
8	P8D	Ponto 8 – Margem Direita
9	P9D	Ponto 9 – Margem Direita
10	P10D	Ponto 10 – Margem Direita
11	P11D	Ponto 11 – Margem Direita
12	P12D	Ponto 12 – Margem Direita
13	P13D	Ponto 13 – Margem Direita
14	P14D	Ponto 14 – Margem Direita
15	P15D	Ponto 15 – Margem Direita
16	P16D	Ponto 16 – Margem Direita
17	P17D	Ponto 17 – Margem Direita
18	P18D	Ponto 18 – Margem Direita
19	P19D	Ponto 19 – Margem Direita
20	P20D	Ponto 20 – Margem Direita
21	P1E	Ponto 1 – Margem Esquerda
22	P2E	Ponto 2 – Margem Esquerda
23	P3E	Ponto 3 – Margem Esquerda
24	P4E	Ponto 4 – Margem Esquerda
25	P5E	Ponto 5 – Margem Esquerda
26	P6E	Ponto 6 – Margem Esquerda
27	P7E	Ponto 7 – Margem Esquerda
28	P8E	Ponto 8 – Margem Esquerda
29	P9E	Ponto 9 – Margem Esquerda
30	P10E	Ponto 10 – Margem Esquerda
31	P11E	Ponto 11 – Margem Esquerda
32	P12E	Ponto 12 – Margem Esquerda
33	P13E	Ponto 13 – Margem Esquerda

34	P14E	Ponto 14 – Margem Esquerda
35	P15E	Ponto 15 – Margem Esquerda
36	P16E	Ponto 16 – Margem Esquerda
37	P17E	Ponto 17 – Margem Esquerda
38	P18E	Ponto 18 – Margem Esquerda
39	P19E	Ponto 19 – Margem Esquerda
40	P20E	Ponto 20 – Margem Esquerda

Fonte: Monteiro (2014).

As avaliações de campo foram realizadas através da verificação visual da condição física do ambiente avaliado, os parâmetros que compuseram o PAR foram caracterizados conforme o anexo A. O resultado final do PAR foi obtido através da atribuição de notas com pesos de 0 à 4 a cada um dos 7 parâmetros, cada peso correspondeu a uma categoria de influência (Tabela 3) que o parâmetro exerceu sobre talude em sua respectiva unidade amostral, conforme descrito na tabela 4.

Tabela 3 - Definição dos pesos relacionados à sua influência sobre a suscetibilidade à erosão de taludes fluviais.

PESO	DENOMINAÇÃO	DEFINIÇÃO
0	Não influente	A presença de dada categoria do parâmetro não aumenta nem diminui a suscetibilidade de erosão do talude fluvial.
1	Influência fraca	A presença de dada categoria do parâmetro torna fraca a suscetibilidade à erosão do talude fluvial.
2	Influência moderada	A presença de dada categoria do parâmetro torna moderada a suscetibilidade à erosão do talude fluvial.
3	Influência forte	A presença de dada categoria do parâmetro torna forte a suscetibilidade à erosão do talude fluvial.
4	Preponderante	A categoria do parâmetro é a principal a ser observada, ou seja, é categoria, que em qualquer situação exercerá influência sobre a erosão do talude fluvial.

Fonte: Monteiro (2014).

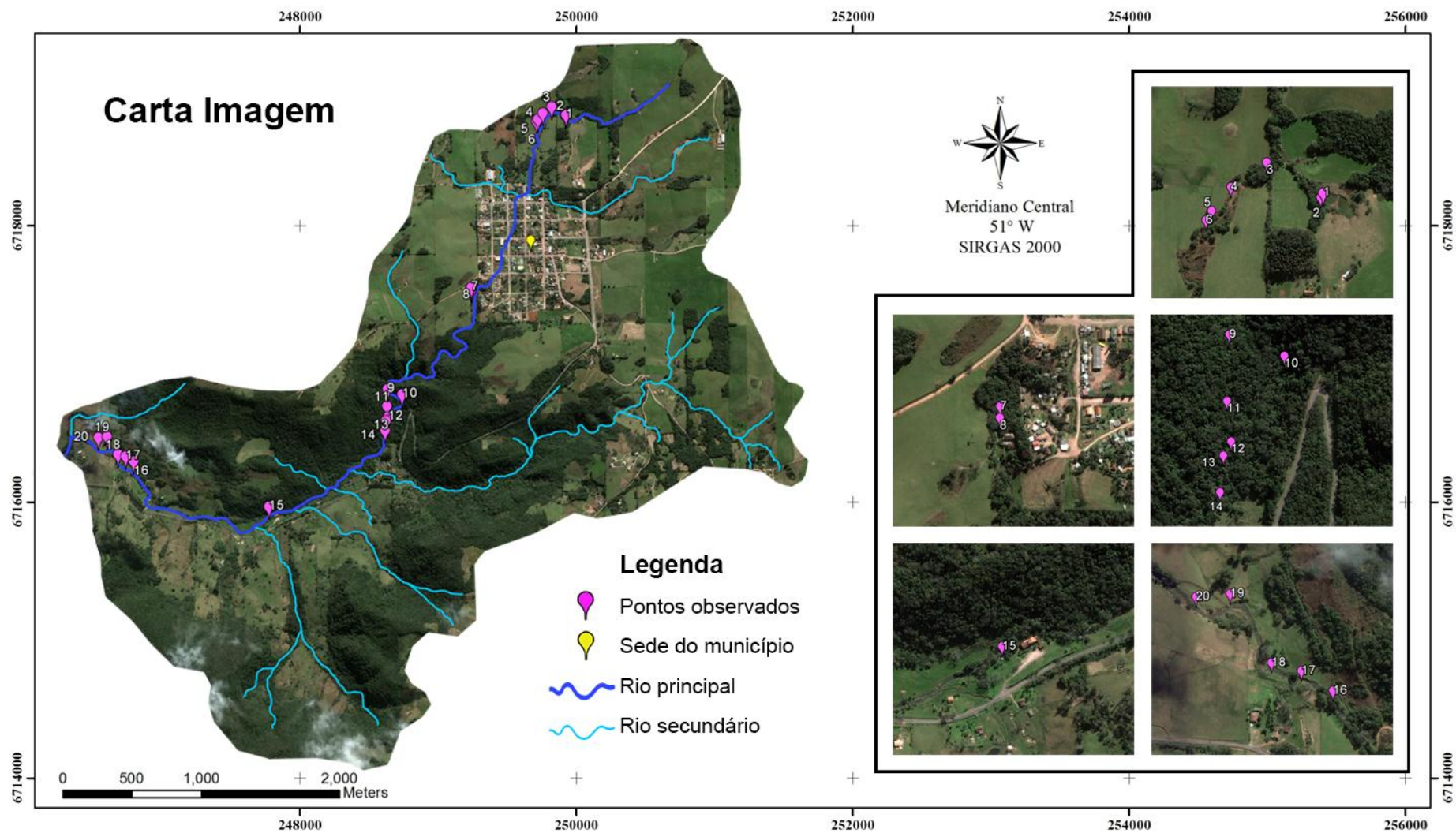


Figura 6 - Carta imagem da microbacia do Arroio Val de Buia, com a distribuição dos pontos de coleta de dados.

Tabela 4 - Interpretação dos parâmetros integrantes do PAR-o e as categorias de influência dos mesmos sobre a suscetibilidade à erosão de taludes fluviais.

PARÂMETROS	CATEGORIAS				
	Não influente	Influência Fraca	Influência Moderada	Influência Forte	Preponderante
	Pesos				
	0	1	2	3	4
Vegetação	arbórea arbustiva	-	-	herbácea	inexistente
Textura do Solo	rochoso	-	-	argiloso	arenoso
Trecho do rio	-	raio interno da curva	retilíneo	-	raio externo da curva
Inclinação do talude (graus)	-	-	≤ 30°	> 30° e < 90°	≥ 90°
Profundidade do solo no talude (cm)	-	< 50	Entre 50 e 100	≥ 100 a 150	> 150
Largura do curso d'água (m)	-	≤ 10 e entre 10 e 50	Entre 50 e 200 Entre 200 e 600 > 600	-	-
Uso e cobertura da terra	floresta nativa	-	floresta plantada	pastagem ou campo nativo	agricultura/solo exposto/pavimentado (área urbana e área construída no meio rural)

Fonte: Monteiro (2014).

Posteriormente foi efetuado o somatório das notas que tiveram a possibilidade de variação entre o mínimo de 5 e máximo 26. Os valores resultantes foram enquadrados em uma de três classes organizadas em intervalos iguais (Tabela 5), sendo que as classes atribuíram a cada ponto analisado o grau de suscetibilidade a erosão.

O resultado final do protocolo de Monteiro (2014) encontra-se na tabela 6, onde estão todas as unidades amostrais observadas, com suas respectivas notas atribuídas a cada categoria dos parâmetros avaliados, o somatório desses pesos e a classe à qual se enquadrou.

Tabela 5 - Intervalos de classe do resultado final do PAR, suas respectivas categorias de suscetibilidade a erosão de taludes fluviais.

<i>i</i>	INTERVALOS DE CLASSE	CATEGORIAS
1	5 + 12	Estável
2	12 + 19	Suscetível
3	19 + 26	Instável

Fonte: Monteiro (2014).

Tabela 6 - Resultados do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) aplicado nas diferentes U.A. do Arroio Val de Buia, Silveira Martins, RS.

Unidade amostral	Parâmetros							Total	Categoria
	Vegetação	Solo	Trecho do curso	Inclinação do talude	Profundidade do solo no talude (cm)	Largura do curso d'água (m)	Uso do solo		
P1D	3	3	1	3	1	1	3	15	Suscetível
P2D	3	3	2	3	2	1	3	17	Suscetível
P3D	0	3	2	3	1	1	3	13	Suscetível
P4D	3	3	1	4	3	1	4	19	Instável
P5D	0	3	1	4	2	1	4	15	Suscetível
P6D	0	3	2	4	2	1	4	16	Suscetível
P7D	0	0	2	3	1	1	4	11	Estável
P8D	0	0	2	3	1	1	4	11	Estável
P9D	0	0	4	4	1	1	0	10	Estável
P10D	0	0	2	4	1	1	0	8	Estável
P11D	0	0	2	4	1	1	0	8	Estável
P12D	0	0	2	2	1	1	0	6	Estável
P13D	0	0	2	4	1	1	0	8	Estável
P14D	0	0	2	2	1	1	0	6	Estável
P15D	0	0	2	3	4	1	0	10	Estável
P16D	0	0	2	4	1	1	0	8	Estável
P17D	3	3	4	4	4	1	3	22	Instável
P18D	3	4	2	3	4	1	3	20	Instável
P19D	3	4	4	4	4	1	3	23	Instável
P20D	3	4	2	2	1	1	3	16	Suscetível
P1E	0	3	4	3	3	1	3	17	Suscetível
P2E	0	3	2	3	2	1	3	14	Suscetível
P3E	0	3	2	3	1	1	3	13	Suscetível
P4E	3	3	4	4	3	1	4	22	Instável
P5E	0	3	4	4	2	1	4	18	Suscetível
P6E	0	3	2	3	4	1	4	17	Suscetível
P7E	0	0	2	3	1	1	4	11	Estável
P8E	4	0	2	3	1	1	4	15	Suscetível
P9E	0	0	1	2	1	1	0	5	Estável
P10E	0	0	2	4	1	1	0	8	Estável

P11E	0	0	2	4	1	1	0	8	Estável
P12E	0	0	2	4	1	1	0	8	Estável
P13E	0	0	2	3	1	1	0	7	Estável
P14E	0	0	4	4	1	1	3	13	Suscetível
P15E	3	0	2	3	1	1	3	13	Suscetível
P16E	0	0	2	3	1	1	3	10	Estável
P17E	3	3	1	2	1	1	3	14	Suscetível
P18E	3	4	2	3	3	1	3	19	Suscetível
P19E	0	0	1	2	1	1	3	8	Estável
P20E	3	0	2	4	1	1	3	14	Suscetível

Fonte: Monteiro (2014).

5.4 Ajustes e testes realizados no PAR

A partir do resultado final do PAR; dos dados coletados a campo; do peso atribuído aos parâmetros; e da metodologia adotada da tese de Monteiro (2014) a base para elaboração da dissertação está alicerçada.

A primeira etapa constituiu-se pela ampliação do intervalo dos pesos dos parâmetros adotados no PAR. As notas de cada parâmetro: *vegetação; solo; uso e ocupação da terra; inclinação e profundidade do talude; trecho e largura do curso d'água*, obtidas em cada unidade amostral, foram alteradas proporcionalmente em cinco vezes a inicial. Novas médias foram obtidas com este procedimento.

A análise de sensibilidade compôs a segunda etapa da pesquisa. Esta análise foi empregada sobre notas obtidas em cada unidade amostral do trabalho de Monteiro (2014). O objetivo deste método foi reconhecer a sensibilidade de cada parâmetro sobre o resultado final, com vistas de identificar os que desempenharam papel mais relevante.

A tabela 7 apresenta um exemplo de como foi empregada a análise de sensibilidade neste trabalho. Nesta simulação, o parâmetro *vegetação* sofreu a variação em 1/5 e depois 1/3, isto é, passou a valer 20% e 33,33% do peso total respectivamente, enquanto os demais parâmetros se adequaram a mudança permanecendo com pesos iguais entre si. Os valores do PAR obtidos após esta variação foram classificados conforme o enquadramento nas classes de suscetibilidade, o exemplo mostra que, mesmo havendo variação, a categoria continuou denominada como "Suscetível".

Tabela 7 - Exemplo demonstrando a variação do parâmetro Vegetação em 1/5 e 1/3 na unidade amostral P1D.

Análise de Sensibilidade	PARÂMETROS							RESULT. PAR	CLASSIF.
	VEG.	SOLO	TRECHO	INCLIN.	PROF.	LARG.	USO		
PAR original	15	15	5	15	5	5	15	75	Suscetível
Peso de (1/5) na vegetação	20%	13,33%	13,33%	13,33%	13,33%	13,33%	13,33%	100%	Suscetível
	21	14	4,67	14	4,67	4,67	14	77	
Peso de (1/3) na vegetação	33,33%	11,11%	11,11%	11,11%	11,11%	11,11%	11,11%	100%	Suscetível
	35	11,67	3,89	11,67	3,89	3,89	11,67	81,68	

As metas estabelecidas para a terceira etapa da pesquisa foram: a alteração dos pesos e do número de parâmetros do PAR para posterior incursão a campo. A reaplicação do protocolo de avaliação rápida nas unidades amostrais, que modificado denominou-se PAR-r, ocorreu no mês de junho de 2015 e teve como intuito comparar os novos resultados com os anteriores de Monteiro (2014).

A metodologia do PAR-r foi reaplicada e avaliada através do recrutamento de profissionais com formação em áreas iguais ou afins das áreas de investigação desta pesquisa, visando dessa forma promover discussões e inovações a cerca do desempenho do PAR-r a campo.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Ampliação dos dados do PAR

O peso do PAR foi ampliado em 5 vezes, deste modo os pesos que variavam de 0 à 4 (0;1;2;3;4) passaram a ser multiplicados por 5 : (0;5;10;15;20), variando então de 0 à 20, e o resultado do PAR teve sua amplitude respectivamente alterada de 5 á 26 para 25 à 130 (Tabela 8). Buscou-se, com a ampliação do intervalo dos pesos, que as unidades amostrais apresentassem um comportamento estatístico mais explícito, revelando mais detalhes e favorecendo o vislumbre de novas interpretações.

A amplitude dos dados não modificou a classificação final do PAR (Tabela 9), porém, forneceu os números para análise de sensibilidade que será discutida posteriormente.

Tabela 8 - Intervalos de classe do resultado final do PAR, suas respectivas categorias de suscetibilidade a erosão de taludes fluviais.

CATEGORIAS OU CLASSIFICAÇÃO	INTERVALOS DE CLASSE DO PAR	
	PAR-o	PAR-ampli
Estável	5 + 12	25 + 60
Suscetível	12 + 19	60 + 95
Instável	19 + 26	95 + 130

Tabela 9 - Resultados do PAR original e suas médias e do PAR ampliado.

Nº unidade amostral	Unidade amostral	PAR-o	Categoria	Média PAR-o	PAR-ampli
1	P9E	5	Estável	0,71	25
2	P12D	6	Estável	0,86	30
3	P14D	6	Estável	0,86	30
4	P13E	7	Estável	1	35
5	P10D	8	Estável	1,14	40

6	P11D	8	Estável	1,14	40
7	P13D	8	Estável	1,14	40
8	P16D	8	Estável	1,14	40
9	P10E	8	Estável	1,14	40
10	P11E	8	Estável	1,14	40
11	P12E	8	Estável	1,14	40
12	P19E	8	Estável	1,14	40
13	P9D	10	Estável	1,43	50
14	P15D	10	Estável	1,43	50
15	P16E	10	Estável	1,43	50
16	P7D	11	Estável	1,57	55
17	P8D	11	Estável	1,57	55
18	P7E	11	Estável	1,57	55
19	P3D	13	Suscetível	1,86	65
20	P3E	13	Suscetível	1,86	65
21	P14E	13	Suscetível	1,86	65
22	P15E	13	Suscetível	1,86	65
23	P2E	14	Suscetível	2	70
24	P17E	14	Suscetível	2	70
25	P20E	14	Suscetível	2	70
26	P1D	15	Suscetível	2,14	75
27	P5D	15	Suscetível	2,14	75
28	P8E	15	Suscetível	2,14	75
29	P6D	16	Suscetível	2,29	80
30	P20D	16	Suscetível	2,29	80
31	P2D	17	Suscetível	2,43	85
32	P1E	17	Suscetível	2,43	85
33	P6E	17	Suscetível	2,43	85
34	P5E	18	Suscetível	2,57	90
35	P4D	19	Instável	2,71	95
36	P18E	19	Instável	2,71	95
37	P18D	20	Instável	2,86	100
38	P17D	22	Instável	3,14	110
39	P4E	22	Instável	3,14	110
40	P19D	23	Instável	3,29	115

6.2 Análise de sensibilidade

Inicialmente foi estudada uma forma de hierarquizar os sete parâmetros – *vegetação; solo; uso e ocupação da terra; inclinação e profundidade do talude;*

trecho e largura do curso d'água – em ordem de relevância na influência à suscetibilidade à erosão dos taludes fluviais.

Os sete parâmetros avaliados no PAR possuem pesos iguais entre si, porém, cada um deles foi exposto a variações de 1/5 (20%), 1/4 (25%), 1/3 (33.33%), e 1/2 (50%) sobre os seus pesos, enquanto os demais ficaram constantes e iguais entre si. Deste modo, houve a geração de 28 cenários, onde cada um dos sete parâmetros passou quatro variações individuais, enquanto os outros seis parâmetros tinham seus pesos igualados entre si e readequados à nova situação. A alteração de 1/2, isto é, um dos parâmetros valer 50% foi aplicada com o intuito de ressaltar a tendência de comportamento do PAR nessa respectiva variação.

A variação definida como o aumento dos pesos de um dos sete parâmetros em detrimento dos seis demais (que por sua vez permaneceram com pesos iguais e equivalentes), resultou de uma maneira geral numa “suavização” do resultado do PAR. A classificação, por exemplo, que antes seria de suscetível tornou-se estável, o que não era esperado.

O que se buscava com o aumento do peso de um dado parâmetro era que este se sobressaísse na análise, e, ao final de todas as avaliações, seria observado qual se destacou em maior grau, para assim apontar o mais relevante e possivelmente hierarquizar os parâmetros, obtendo com isso o grau de importância de cada um como indicador a fragilidade a erosão. Porém, com o fato dessa alteração fazer com que as classificações do total das U.A. (unidades amostrais) evoluíssem para uma categoria mais positiva, isto é, de “instável” para “suscetível” e de “suscetível” para “estável”, observou-se que o conjunto em si, dos demais parâmetros que ficaram iguais, tinham mais expressão no resultado final, o que levou a necessidade de uma nova abordagem de raciocínio sobre o resultado obtido.

Uma das opções de análise foi trabalhar com os valores numéricos resultantes da análise de sensibilidade, e não somente com a localização destes nas classes *instável*, *suscetível* e *estável* do PAR. Elaborou-se um gráfico representando a variação de cada parâmetro na análise de sensibilidade, e conseqüentemente foi possível observar as tendências comportamentais de cada uma das unidades amostrais (Figura 7). A tabela 10 foi organizada para auxiliar na interpretação do gráfico, visto que estão reunidos todos os parâmetros e suas variações qualitativas para melhor visualização do cenário e do grau suscetibilidade à erosão das unidades amostrais da área estudada.

O parâmetro *vegetação* juntamente com o parâmetro *solo*, apresentou um comportamento de “abertura” nas unidades amostrais classificadas na categoria *suscetível*, isto decorreu do fato que, embora essas U.A. tivessem mesmo resultado de PAR, elas tinham notas diferentes nos referidos parâmetros, que, quando alterados mostraram comportamento diferenciado e acentuado. Essa constatação pode ser exemplificada e verificada nas unidades amostrais P3D, P3E, P14E, P15E, ambas com resultado de PAR igual à 65 (Tabela 10). Suas notas foram 0, 0, 0 e 3 respectivamente para o parâmetro “tipo de vegetação”; e, notas 3, 3, 0 e 0 para o parâmetro “tipo de solo”. A nota 3 da U.A. P15E é alta pois corresponde a vegetação herbácea (Tabela 10), demonstrando a sensibilidade da U.A ao parâmetro *vegetação*. No ponto 3, da U.A. P3E e P3D, pode-se observar a sensibilidade ao parâmetro *solo*, pois este possui nota 3 correspondente ao tipo de solo argiloso, sendo que as outras U.A. P14E e P15E de mesmo PAR possuem solo rochoso.

Ainda nos parâmetros *vegetação* e *solo*, as unidades amostrais classificadas como *estáveis* demonstraram sensibilidade positiva à alteração destes, isso decorre do fato de que o conjunto de notas que compõe o resultado do PAR serem baixas e, conseqüentemente “boas” no ponto de vista deste protocolo. Já nas U.A classificadas como *instáveis*, a sensibilidade observada foi mediana, pois embora aumentando-se a nota, já alta, dos parâmetros *solo* e *vegetação*, a soma dos demais parâmetros também é de valor maior, verificando-se assim um conjunto de características que colaboram para a instabilidade dos taludes nessas U.A, como grande inclinação do talude, uso do solo para agricultura etc.

A análise de sensibilidade do parâmetro “uso da terra” apresentou comportamento análogo aos parâmetros “tipo de vegetação” e “tipo de solo”, nas U.A com resultado de PAR menor e igual a 50, com exceção das unidades amostrais P16E e P19E com resultado de PAR 50 e 40 respectivamente. Estas U.A. apresentaram sensibilidade negativa (em direção à instabilidade), pois o parâmetro “uso da terra” correspondente à pastagem/campo, que difere das demais treze unidades amostrais que possuem uso da terra correspondente à floresta nativa. As U.A. P7D, P7E e P8D, apresentaram grande sensibilidade à variação do parâmetro *uso da terra*, pois essas U.A. apresentavam na margem esquerda área urbanizada e na margem direita atividade agrícola, ambas influentes em grau preponderante sobre a estabilidade dos taludes.

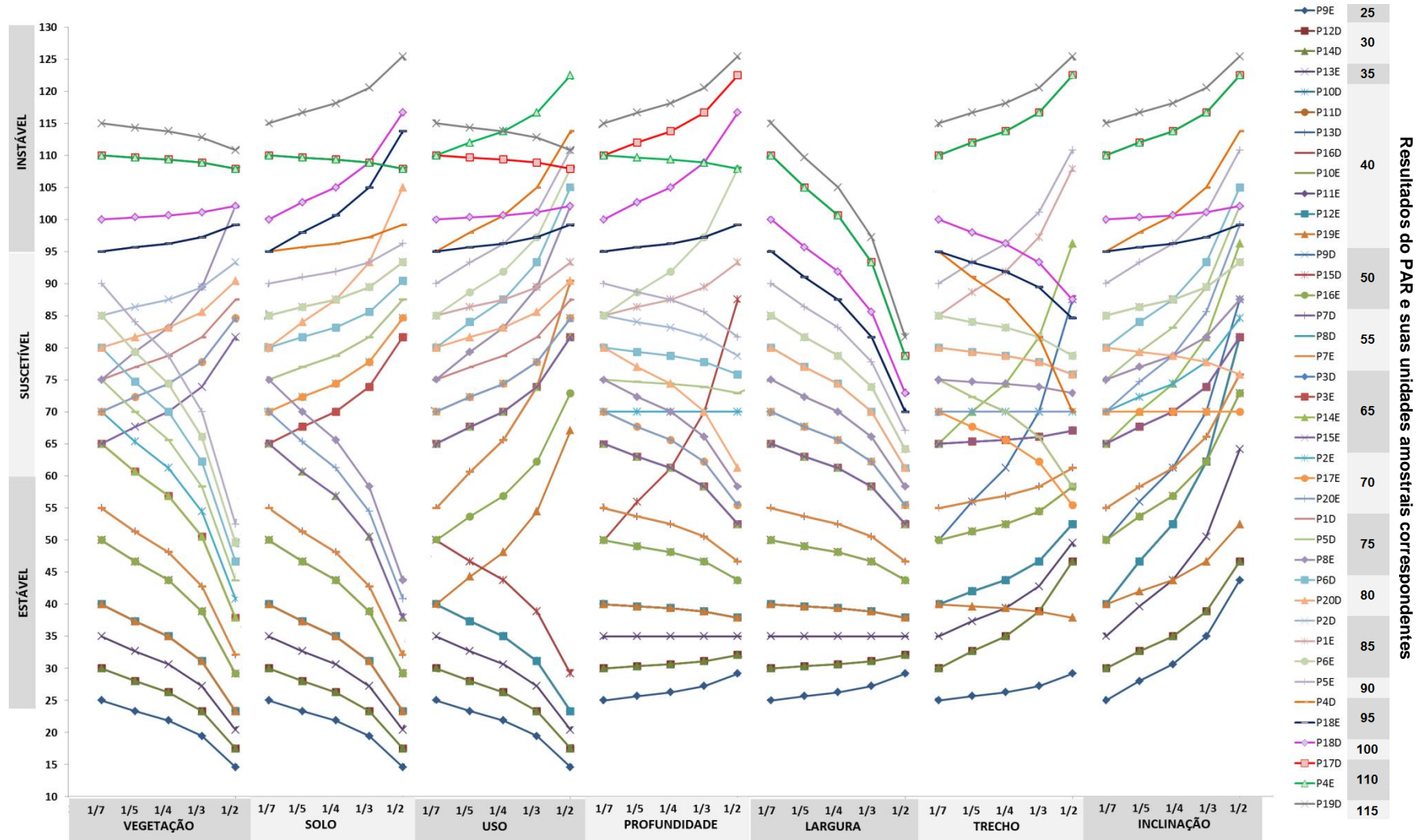


Figura 7 - Análise de sensibilidade dos sete parâmetros do PAR-o: vegetação, solo, uso e ocupação da terra, profundidade e inclinação do talude, largura e trecho do curso d'água.

Tabela 10 - Resultado do PAR ampliado, notas dos parâmetros originais; descrição dos parâmetros.

PAR AMPLIADO	UNIDADE AMOSTRAL	NOTAS DOS PARÂMETROS (PAR ORIGINAL)							TOTAL	CATEGORIA OU CLASSIFICAÇÃO	TRECHO NO PERFIL LONGITUD.	DESCRIÇÃO DOS PARÂMETROS						
		Vegetação	Solo	Uso do solo	Profundidade do solo no talude (cm)	Largura do curso d'água	Trecho do curso	Inclinação do talude				Vegetação	Solo	Uso do solo	Profundidade do solo no talude (cm)	Largura do curso d'água (m)	Trecho do curso	Inclinação do talude (°)
115	P19D	3	4	3	4	1	4	4	23	Instável	III	herbácea	arenoso	past/camp	>150	<=10; 10-50	ext	>=90
110	P17D	3	3	3	4	1	4	4	22	Instável	III	herbácea	argiloso	past/camp	>150	<=10; 10-50	ext	>=90
110	P4E	3	3	4	3	1	4	4	22	Instável	I	herbácea	argiloso	agric/urb	100 e 150	<=10; 10-50	ext	>=90
100	P18D	3	4	3	4	1	2	3	20	Instável	III	herbácea	arenoso	past/camp	>150	<=10; 10-50	reto	30 e 90
95	P4D	3	3	4	3	1	1	4	19	Instável	I	herbácea	argiloso	agric/urb	100 e 150	<=10; 10-50	int	>=90
95	P18E	3	4	3	3	1	2	3	19	Instável	III	herbácea	arenoso	past/camp	100 e 150	<=10; 10-50	reto	30 e 90
90	P5E	0	3	4	2	1	4	4	18	Suscetível	I	arbór/arb	argiloso	agric/urb	50 e 100	<=10; 10-50	ext	>=90
85	P2D	3	3	3	2	1	2	3	17	Suscetível	I	herbácea	argiloso	past/camp	50 e 100	<=10; 10-50	reto	30 e 90
85	P1E	0	3	3	3	1	4	3	17	Suscetível	I	arbór/arb	argiloso	past/camp	100 e 150	<=10; 10-50	ext	30 e 90
85	P6E	0	3	4	4	1	2	3	17	Suscetível	I	arbór/arb	argiloso	agric/urb	>150	<=10; 10-50	reto	30 e 90
80	P6D	0	3	4	2	1	2	4	16	Suscetível	I	arbór/arb	argiloso	agric/urb	50 e 100	<=10; 10-50	reto	>=90
80	P20D	3	4	3	1	1	2	2	16	Suscetível	III	herbácea	arenoso	past/camp	<50	<=10; 10-50	reto	<=30
75	P1D	3	3	3	1	1	1	3	15	Suscetível	I	herbácea	argiloso	past/camp	<50	<=10; 10-50	int	30 e 90
75	P5D	0	3	4	2	1	1	4	15	Suscetível	I	arbór/arb	argiloso	agric/urb	50 e 100	<=10; 10-50	ext	>=90
75	P8E	4	0	4	1	1	2	3	15	Suscetível	III	inexistente	rochoso	agric/urb	<50	<=10; 10-50	reto	30 e 90
70	P2E	0	3	3	2	1	2	3	14	Suscetível	I	arbór/arb	argiloso	past/camp	50 e 100	<=10; 10-50	reto	30 e 90
70	P17E	3	3	3	1	1	1	2	14	Suscetível	III	herbácea	argiloso	past/camp	<50	<=10; 10-50	int	<=30
70	P20E	3	0	3	1	1	2	4	14	Suscetível	III	herbácea	rochoso	past/camp	<50	<=10; 10-50	ext	>=90
65	P3D	0	3	3	1	1	2	3	13	Suscetível	I	arbór/arb	argiloso	past/camp	<50	<=10; 10-50	reto	30 e 90
65	P3E	0	3	3	1	1	2	3	13	Suscetível	I	arbór/arb	argiloso	past/camp	<50	<=10; 10-50	reto	30 e 90
65	P14E	0	0	3	1	1	4	4	13	Suscetível	II	arbór/arb	rochoso	past/camp	<50	<=10; 10-50	ext	>=90
65	P15E	3	0	3	1	1	2	3	13	Suscetível	III	herbácea	rochoso	past/camp	<50	<=10; 10-50	reto	30 e 90
55	P7D	0	0	4	1	1	2	3	11	Estável	I	arbór/arb	rochoso	agric/urb	<50	<=10; 10-50	reto	30 e 90
55	P8D	0	0	4	1	1	2	3	11	Estável	I	arbór/arb	rochoso	agric/urb	<50	<=10; 10-50	reto	30 e 90
55	P7E	0	0	4	1	1	2	3	11	Estável	I	arbór/arb	rochoso	agric/urb	<50	<=10; 10-50	reto	30 e 90
50	P9D	0	0	0	1	1	4	4	10	Estável	II	arbór/arb	rochoso	floresta	<50	<=10; 10-50	int	>=90
50	P15D	0	0	0	4	1	2	3	10	Estável	III	arbór/arb	rochoso	floresta	>150	<=10; 10-50	reto	30 e 90
50	P16E	0	0	3	1	1	2	3	10	Estável	III	arbór/arb	rochoso	past/camp	<50	<=10; 10-50	reto	30 e 90
40	P10D	0	0	0	1	1	2	4	8	Estável	II	arbór/arb	rochoso	floresta	<50	<=10; 10-50	reto	>=90
40	P11D	0	0	0	1	1	2	4	8	Estável	II	arbór/arb	rochoso	floresta	<50	<=10; 10-50	reto	>=90
40	P13D	0	0	0	1	1	2	4	8	Estável	II	arbór/arb	rochoso	floresta	<50	<=10; 10-50	reto	>=90
40	P16D	0	0	0	1	1	2	4	8	Estável	III	arbór/arb	rochoso	floresta	<50	<=10; 10-50	reto	>=90
40	P10E	0	0	0	1	1	2	4	8	Estável	II	arbór/arb	rochoso	floresta	<50	<=10; 10-50	reto	>=90
40	P11E	0	0	0	1	1	2	4	8	Estável	II	arbór/arb	rochoso	floresta	<50	<=10; 10-50	reto	>=90
40	P12E	0	0	0	1	1	2	4	8	Estável	II	arbór/arb	rochoso	floresta	<50	<=10; 10-50	reto	>=90
40	P19E	0	0	3	1	1	1	2	8	Estável	III	arbór/arb	rochoso	past/camp	<50	<=10; 10-50	int	<=30
35	P13E	0	0	0	1	1	2	3	7	Estável	II	arbór/arb	rochoso	floresta	<50	<=10; 10-50	reto	30 e 90
30	P12D	0	0	0	1	1	2	2	6	Estável	II	arbór/arb	rochoso	floresta	<50	<=10; 10-50	reto	<=30
30	P14D	0	0	0	1	1	2	2	6	Estável	II	arbór/arb	rochoso	floresta	<50	<=10; 10-50	reto	<=30
25	P9E	0	0	0	1	1	1	2	5	Estável	II	arbór/arb	rochoso	floresta	<50	<=10; 10-50	int	<=30

Estas mesmas U.A. mostraram comportamento igual às U.A. P9D, P15D e P16D na variação dos parâmetros *profundidade* e *largura do curso d'água*, onde demonstraram pouca sensibilidade por apresentarem mesma nota “baixa” nos referidos parâmetros. Exceção apenas para P15D que cresceu acentuadamente por possuir *profundidade do solo no talude* acima de 150 cm.

As unidades amostrais com PAR acima de 65 apresentaram comportamento negativo de intensidade similar para o parâmetro *uso da terra*, pois apresentaram notas que variavam entre 4 e 3, caracterizadas por áreas de agricultura/urbanização e pastagem/campo nativo respectivamente. As U.A. P19D e P17D tenderam suavemente ao positivo, isso se explica por apresentarem altos resultados no PAR e, um conjunto uniforme de notas “altas”, remetendo às características indesejáveis que estes taludes apresentam.

A “largura do curso d'água”, por ter sido um parâmetro de nota constante e “baixa” em todos os pontos da área de estudo, ao sofrer variação apenas acentuou o valor do conjunto das notas dos parâmetros restantes, demonstrando uma relação inversa com os resultados do PAR, isto é, quanto mais instável a U.A., mais esta tendeu para a estabilidade, e, para valores mais estáveis do PAR, uma tendência suave para a instabilidade foi observada. As unidades amostrais com notas iguais a 1 no parâmetro *profundidade do curso d'água*, tiveram comportamento análogo ao parâmetro *largura do curso d'água*.

O parâmetro “trecho do curso d'água” teve como unidades amostrais sensíveis à sua variação de peso aquelas cujo *trecho* é o raio externo das curvas dos pontos amostrados do arroio, esse tipo de trecho sofre grande escavação, sendo o mais frágil à erosão. Apresentaram essa característica as U.A. P19D, P17D, P4E, P5E, P1E, P14E e P9D. As unidades amostrais P19E, P17E, P4D, P5D, P1D e P9E, que apresentaram tendência positiva no parâmetro *trecho* são as opostas às U.A. anteriores, isto é, do outro lado do arroio, localizando-se no raio interno da curva, local de deposição de sedimentos. As demais unidades amostrais que tiveram tendência pouco negativa ou constante, no mesmo parâmetro, possuíam trecho retilíneo.

Todas as unidades amostrais apresentaram tendência negativa com relação à variação do parâmetro inclinação do talude, que em sua maioria variaram de 30° à 90° e acima de 90°. Na categoria suscetível, a exceção foram as U.A. P17E e P20D que apresentaram inclinação menor que 30°, e, por terem um conjunto de notas

medianas, estas unidades amostrais foram as únicas a tenderem de forma suavemente positiva e constante respectivamente.

Através da análise de sensibilidade dos parâmetros que compõe o PAR, observou-se que as tendências de comportamento, (Figura 7), poderiam ter sido constatadas apenas com a variação em 20% do peso dos parâmetros, pois nenhuma das curvas apresentou inflexão durante a análise.

6.3 Reaplicação do PAR

O PAR foi reaplicado nas unidades amostrais do arroio Val de Buia em junho de 2015, ocasião em que o nível das águas apresentava-se regular, porém a cor estava alterada no início do trecho II devido ao aporte de sedimentos.

Para reaplicar o PAR, optou-se por reunir profissionais da pós-graduação da engenharia ambiental, engenharia florestal e da graduação da engenharia civil. Não lhes foi dado treinamento para avaliar as unidades amostrais, apenas uma breve explanação sobre o texto com as caracterizações de cada parâmetro a ser observado nas unidades amostrais (Anexo A) e a planilha de campo (Anexo B). Durante a campanha foi orientado que cada profissional fizesse sua avaliação pessoal sobre as unidades amostrais com o objetivo de comparar os resultados obtidos por cada avaliador.

O protocolo sofreu duas alterações para ser reaplicado. De acordo com a tabela 11, o parâmetro “largura do curso d’água” foi suprimido devido a apresentar a mesma nota em todos os pontos de acordo com os resultados do PAR original.

As mesmas alterações feitas no protocolo foram realizadas sobre o resultado do PAR-o de Monteiro (2014), que teve seus valores todos readequados gerando um resultado possível de ser comparado com os resultados do PAR reaplicado (PAR-r).

Os pesos, conforme os graus de influência foram modificados para 1, 2, 3, 4 e 5, para evitar problemas matemáticos com o número 0 que compunha os pesos do PAR original, este número muitas vezes não reflete as alterações que os demais números apresentam quando recebem algum tratamento ou variação, o que pode comprometer os resultados das avaliações.

Tabela 11 - Interpretação dos parâmetros integrantes do PAR-r e as categorias de influência dos mesmos sobre a suscetibilidade à erosão de taludes fluviais.

Graus de influência	PESOS	PARÂMETROS					
		Trecho	Tipo de solo	Profundidade (cm)	Inclinação	Vegetação	Uso do solo
NULA	1	-	rochoso	-	-	arbórea e arbustiva	floresta nativa
FRACA	2	raio interno	argiloso	<50	-	-	-
MODERADA	3	Retilíneo	arenoso	50 à 100	≤ 30°	-	floresta plantada
FORTE	4	-	-	100 à 150	>30°e <90°	herbácea/gramíneas	pastagem/campo
PREPONDERANTE	5	raio externo	-	>150	≥90°	inexistente	agricultura/área urb.

De acordo com os novos pesos, novas classes para as categorias de estabilidade foram geradas (tabela 12), esse novos valores serão utilizados na reaplicação do PAR.

Tabela 12 - Intervalos de classe e suas categorias de suscetibilidade a erosão de taludes fluviais readequados respectivamente.

<i>I</i>	INTERVALOS DE CLASSE	CATEGORIAS
1	10 - 16	Estável
2	17 - 23	Suscetível
3	24 - 30	Instável

O resultado final do PAR reaplicado (PAR-r) e o resultado readequado do PAR original, agora chamado de PAR-or, encontram-se na tabela 13. A partir dos resultados encontrados a campo foi realizada a comparação com o PAR de Monteiro (2014) e as demais análises sobre o desempenho do protocolo.

Tabela 13 - Resultado do PAR reaplicado em cada unidade amostral (linha branca), e o PAR-or: resultado readequado do PAR original (linha cinza).

Unidades amostrais	TRECHO	SOLO	PROF.	INCLIN.	VEG.	USO	Resultado do PAR e Classificação	
P1D	5	4	3	4	4	4	24	instável
P1D	2	4	2	4	4	4	20	suscetível
P1E	2	4	3	4	1	4	18	suscetível
P1E	5	4	4	4	1	4	22	suscetível
P2D	3	4	3	4	1	4	19	suscetível
P2D	3	4	3	4	4	4	22	suscetível
P2E	3	4	3	4	1	4	19	suscetível
P2E	3	4	3	4	1	4	19	suscetível
P3D	3	4	3	4	1	4	19	suscetível
P3D	3	4	2	4	1	4	18	suscetível
P3E	3	4	3	4	1	4	19	suscetível
P3E	3	4	2	4	1	4	18	suscetível
P4D	3	4	3	4	1	4	19	suscetível
P4D	2	4	4	5	4	5	24	instável
P4E	3	4	5	4	4	4	24	instável
P4E	5	4	4	5	4	5	27	instável
P5D	2	4	3	4	1	4	18	suscetível
P5D	2	4	3	5	1	5	20	suscetível
P5E	5	4	3	5	1	4	22	suscetível
P5E	5	4	3	5	1	5	23	suscetível
P6D	3	4	5	4	1	4	21	suscetível
P6D	3	4	3	5	1	5	21	suscetível
P6E	3	4	5	4	1	4	21	suscetível
P6E	3	4	5	4	1	5	22	suscetível
P7D	3	4	2	3	1	5	18	suscetível
P7D	3	1	2	4	1	5	16	estável
P7E	3	4	2	4	1	5	19	suscetível
P7E	3	1	2	4	1	5	16	estável
P8D	3	1	3	4	4	5	20	suscetível
P8D	3	1	2	4	1	5	16	estável
P8E	3	1	3	4	5	5	21	suscetível
P8E	3	1	2	4	5	5	20	suscetível
P9D	5	4	5	4	1	1	20	suscetível
P9D	5	1	2	5	1	1	15	estável
P9E	2	1	3	4	1	1	12	estável
P9E	2	1	2	3	1	1	10	estável
P10D	3	4	3	4	1	1	16	estável
P10D	3	1	2	5	1	1	13	estável
P10E	3	4	4	4	1	1	17	suscetível
P10E	3	1	2	5	1	1	13	estável
P11D	3	1	5	4	1	1	15	estável
P11D	3	1	2	5	1	1	13	estável

P11E	3	4	5	4	1	1	18	suscetível
P11E	3	1	2	5	1	1	13	estável
P12D	3	4	3	3	1	1	15	estável
P12D	3	1	2	3	1	1	11	estável
P12E	3	4	5	4	1	1	18	suscetível
P12E	3	1	2	5	1	1	13	estável
P13D	3	4	3	3	1	1	15	estável
P13D	3	1	2	5	1	1	13	estável
P13E	3	4	3	4	1	1	16	estável
P13E	3	1	2	4	1	1	12	estável
P14D	3	4	2	3	1	1	14	estável
P14D	3	1	2	3	1	1	11	estável
P14E	3	1	2	4	1	1	12	estável
P14E	5	1	2	5	1	4	18	suscetível
P15D	3	1	5	4	1	1	15	estável
P15D	3	1	5	4	1	1	15	estável
P15E	3	1	2	4	4	4	18	suscetível
P15E	3	1	2	4	4	4	18	suscetível
P16D	3	5	3	5	1	4	21	suscetível
P16D	3	1	2	5	1	1	13	estável
P16E	3	5	4	4	1	4	21	suscetível
P16E	3	1	2	4	1	4	15	estável
P17D	3	5	4	4	4	4	24	instável
P17D	5	4	5	5	4	4	27	instável
P17E	3	5	3	4	4	4	23	suscetível
P17E	2	4	2	3	4	4	19	suscetível
P18D	3	5	3	4	4	4	23	suscetível
P18D	3	5	5	4	4	4	25	instável
P18E	3	5	3	4	4	4	23	suscetível
P18E	3	5	4	4	4	4	24	instável
P19D	2	5	5	4	1	4	21	suscetível
P19D	5	5	5	5	4	4	28	instável
P19E	5	5	3	4	4	5	26	instável
P19E	2	1	2	3	1	4	13	estável
P20D	3	5	4	4	4	4	24	instável
P20D	3	5	2	3	4	4	21	suscetível
P20E	3	5	5	4	4	4	25	instável
P20E	3	1	2	5	4	4	19	suscetível

Os resultados do PAR-r foram obtidos através da escolha das notas que se repetiram sobre o mesmo parâmetro, de acordo com a percepção dos avaliadores. Porém, muitas vezes as notas dos avaliadores sobre o mesmo parâmetro não se igualavam e, deste modo, optou-se por escolher a nota dada pela maior parte da

equipe. Já nos casos que ocorreram uma divergência total ou empate foi escolhido o resultado médio.

Comparando os resultados da tabela 13, observou-se um aumento do número de 16 para 24 sobre o total de classificações da categoria *suscetível*. Constatou-se também, uma diminuição sobre o total de classificações da categoria *estável* de 18 para 11; e na categoria *instável* não houve diferença sobre o número total de classificações. Deste modo verifica-se que sete do total de U.A., classificadas como “estáveis”, foram identificadas como “suscetíveis” na reaplicação do PAR.

As maiores mudanças nas classificações foram no sentido da diminuição da estabilidade dos taludes, principalmente a mudança da categoria *estável* para a categoria *suscetível*. As unidades amostrais que apresentaram essa nova classificação foram em número de oito: P7D, P7E, P8D, P10E, P11E, P12E, P16D e P16E. Já as unidades amostrais P1D, P20D e P20E que no PAR-or eram classificadas como *suscetíveis*, nessa nova avaliação foram percebidas como *instáveis*.

A unidade amostral P14E anteriormente tida como *suscetível* à erosão foi reavaliada para a categoria de *estável*, e as unidades P4D, P18D e P18E mudaram da categoria *instável* para *suscetível*, isto é, tiveram uma “melhora” nas suas classificações com relação à suscetibilidade a erosão.

De um modo geral observou-se uma grande aproximação das unidades amostrais para categoria média: a classificação de *suscetível* à erosão (Figura 8). Com este resultado, pôde-se perceber um comportamento de aglomeração e descaracterização das categorias de suscetibilidade a erosão, já que os números que representaram o resultado do PAR-r não tiveram uma distribuição característica satisfatória quanto a sua localização nas categorias *estável* e *instável*, os resultados alocaram-se nas extremidades em direção à categoria *suscetível*.

Foi esperado com a reaplicação do PAR que houvesse uma corroboração positiva com o resultado original, pode-se dizer que esta corroboração foi parcial. Dentre as questões mais significativas que surgiram a campo, pode-se ressaltar a divergência de percepção dos avaliadores no emprego do PAR nas mesmas unidades amostrais. As fotos de algumas das planilhas que descrevem o ponto 19 exemplificam as percepções diferentes dos avaliadores conforme as figuras 9 e 10.

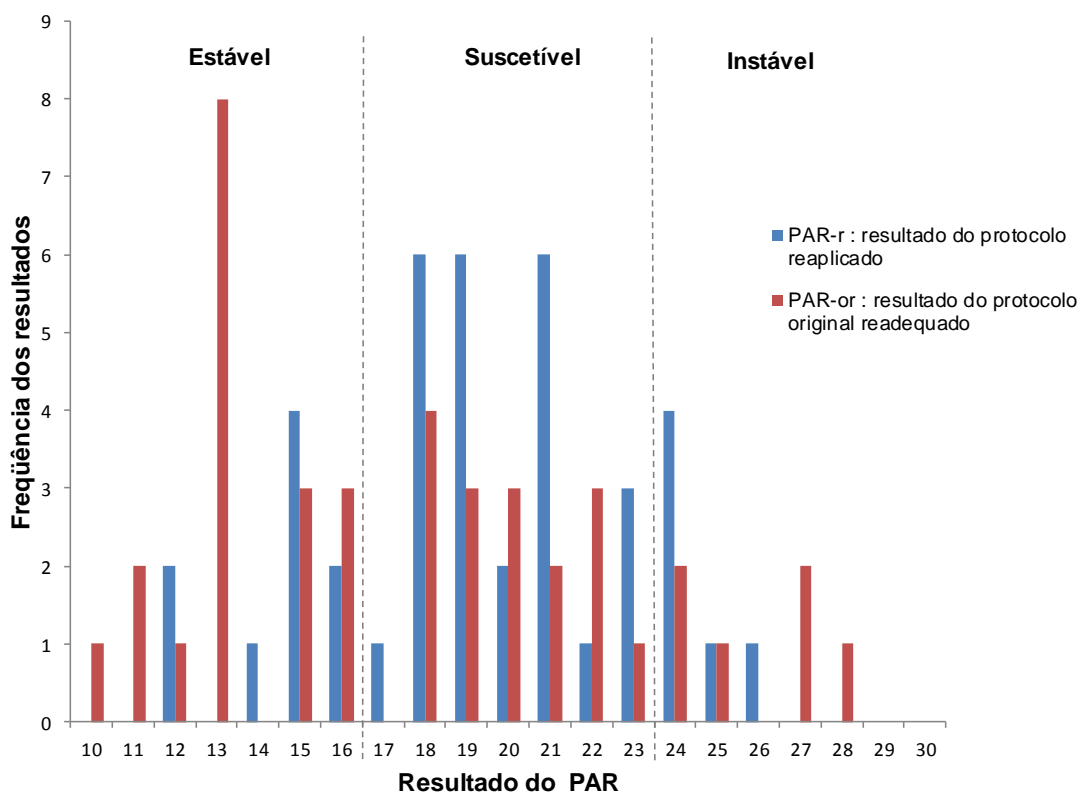


Figura 8 – Comparação dos resultados do PAR original e replicado e sua distribuição nas classes de suscetibilidade à erosão.



Figura 9 - Imagem do ponto 19, unidades amostrais P19E e P19D respectivamente, situadas no trecho III do Arroio Val de Buia.

Ponto Nº:		Coordenadas do ponto:	
PARÂMETRO		Situação no ponto	
		Margem Direita	Margem Esquerda
Trecho do curso	retilínea		
	raio interno da curva	X	
	raio externo da curva		X
Largura do rio (m)	≤ 10		
	Entre 10 e 50	X	X
	Entre 50 e 200		
	Entre 200 e 600		
Altura do talude (m)			
Solo	rochoso		
	argiloso		
	arenoso	X	X
Profundidade do solo no talude (cm)	< 50		
	50 a 150	X	X
	100 a 150		
	> 150		
Inclinação do talude	≤ 30°		
	> 30° e < 90°	X	X
	90°		
Vegetação	arbórea	X	
	arbustiva	X	
	herbácea		
	gramínea		X
	inexistente (solo exposto)		

Ponto Nº:		Coordenadas do ponto:	
PARÂMETRO		Situação no ponto	
		Margem Direita	Margem Esquerda
Trecho do curso	retilínea		
	raio interno da curva		
	raio externo da curva		
Largura do rio (m)	≤ 10		
	Entre 10 e 50		
	Entre 50 e 200		
	Entre 200 e 600		
Altura do talude (m)			
Solo	rochoso		
	argiloso		
	arenoso		
Profundidade do solo no talude (cm)	< 50		
	50 a 150		
	100 a 150		
	> 150		
Inclinação do talude	≤ 30°		
	> 30° e < 90°		
	90°		
Vegetação	arbórea		
	arbustiva		
	herbácea		
	gramínea		
	inexistente (solo exposto)		

Ponto Nº:		Coordenadas do ponto:	
PARÂMETRO		Situação no ponto	
		Margem Direita	Margem Esquerda
Trecho do curso	retilínea		
	raio interno da curva	X	
	raio externo da curva		X
Largura do rio (m)	≤ 10		
	Entre 10 e 50	X	X
	Entre 50 e 200		
	Entre 200 e 600		
Altura do talude (m)			
Solo	rochoso		
	argiloso		
	arenoso	X	X
Profundidade do solo no talude (cm)	< 50		
	50 a 150		
	100 a 150	X	X
	> 150		
Inclinação do talude	≤ 30°		
	> 30° e < 90°	X	X
	90°		X
Vegetação	arbórea	X	
	arbustiva		
	herbácea		
	gramínea	X	X
	inexistente (solo exposto)		

Ponto Nº:		Coordenadas do ponto:	
PARÂMETRO		Situação no ponto	
		Margem Direita	Margem Esquerda
Trecho do curso	retilínea		
	raio interno da curva	X	
	raio externo da curva		X
Largura do rio (m)	≤ 10		
	Entre 10 e 50	X	
	Entre 50 e 200		
	Entre 200 e 600		
Altura do talude (m)			
Solo	rochoso		
	argiloso		
	arenoso	X	X
Profundidade do solo no talude (cm)	< 50	X	
	50 a 150	X	X
	100 a 150		
	> 150		
Inclinação do talude	≤ 30°		
	> 30° e < 90°	X	X
	90°		
Vegetação	arbórea	X	
	arbustiva		
	herbácea		
	gramínea		X
	inexistente (solo exposto)		

Figura 10 - Planilhas de campo com divergência de avaliações, como exemplo é mostrado o ponto 19.

Essa divergência pode ser explicada por vários fatores como: a falta de treinamento anterior com relação à aplicação da metodologia do PAR; falta de uma metodologia específica principalmente quanto às medidas de *profundidade do solo* e *inclinação do talude*, que foram parâmetros de grande divergência com relação às notas dadas pelos avaliadores. Somaram-se mais de 40 divergências na avaliação dos dois parâmetros citados. Para o problema da avaliação dos parâmetros “profundidade do solo” e “inclinação do talude”, poderia ser adotado o uso de ferramentas de medida ou gabaritos simplificados para auxiliar na atribuição de pesos a esses parâmetros.

Os parâmetros que obtiveram maiores diferenças de percepção foram em ordem decrescente: “profundidade do solo no talude”, “inclinação do talude”, “tipo de solo”, “vegetação”, “uso da terra”, e por fim, “tipo de trecho”.

A justificativa para as diferentes percepções com relação ao PAR original sobre as notas atribuídas ao parâmetro *techo do curso d’água*, nas unidades amostrais P1D, P1E, P4D, P14E, P17D, P17E, P19D e P19E; deve-se ao fato da localização dos pontos não ser precisa. As unidades amostrais do PAR tiveram que ser “reencontradas” através das coordenadas de cada ponto fornecidas por Monteiro (2014), porém o erro na localização desses pontos é em metros, o que acabou inviabilizando muitas vezes a localização precisa dos pontos analisados, mesmo com o uso de fotos também fornecidas pelo autor. Nos casos em que se empregue um monitoramento contínuo através da aplicação do PAR e o acompanhamento dos seus resultados, sugere-se a sinalização ou demarcação dos pontos, ressaltando que a escolha e quantidade dos pontos deverá ser representativa da área que se deseja avaliar.

A mudança na classificação do parâmetro “uso do solo” de *agricultura* para *pastagem* nos pontos 4, 5 e 6, na reaplicação do PAR, justifica-se pela rotação de culturas, pois o protocolo foi aplicado e reaplicado em diferentes anos mas não na mesma época do ano.

O parâmetro *tipo de solo* apresentou resultados diferentes em 17 unidades amostrais. A classificação mudou de “solo rochoso” para “solo argiloso” nas U.A. P7D, P7E, P9D, P10D, P10E, P11E, P12D, P12E, P13D, P13E e P14D. As unidades amostrais P16D, P16E, P19E e P20E tiveram divergência na classificação de “solo rochoso” para “solo arenoso”. Já no ponto 17 houve a mudança da classificação ocorreu de “solo argiloso” para “solo arenoso”.

A questão da avaliação do tipo de solo é muito significativa, principalmente com relação às classes de solos existentes na área de estudo: Argissolo Bruno Acinzentado Alítico úmbrico (PBACal) de grau de fragilidade “Média”; Neossolo Regolítico Eutrófico típico e Planossolo Háplico Eutrófico arênico (SXe4) ambos com grau de fragilidade “Muito Forte” (PADILHA; TREVISAN; CRUZ, 2013) conforme apresentado no item 5.1.5 deste trabalho.

A diferença no resultado da avaliação do “tipo de solo” por parte da equipe explica-se pela percepção visual da fragilidade do local avaliado (Figura 11). Mesmo havendo forte presença de material de origem nas margens a classificação de “solo rochoso” não era dada, pois o peso correspondente a esse tipo de solo no PAR é baixo, remetendo a um tipo de solo pouco suscetível à erosão. A presença de pedregosidade se justifica pelo próprio processo de formação do solo, gerando pedimentos, fragmentos advindos da desagregação mecânica das rochas.

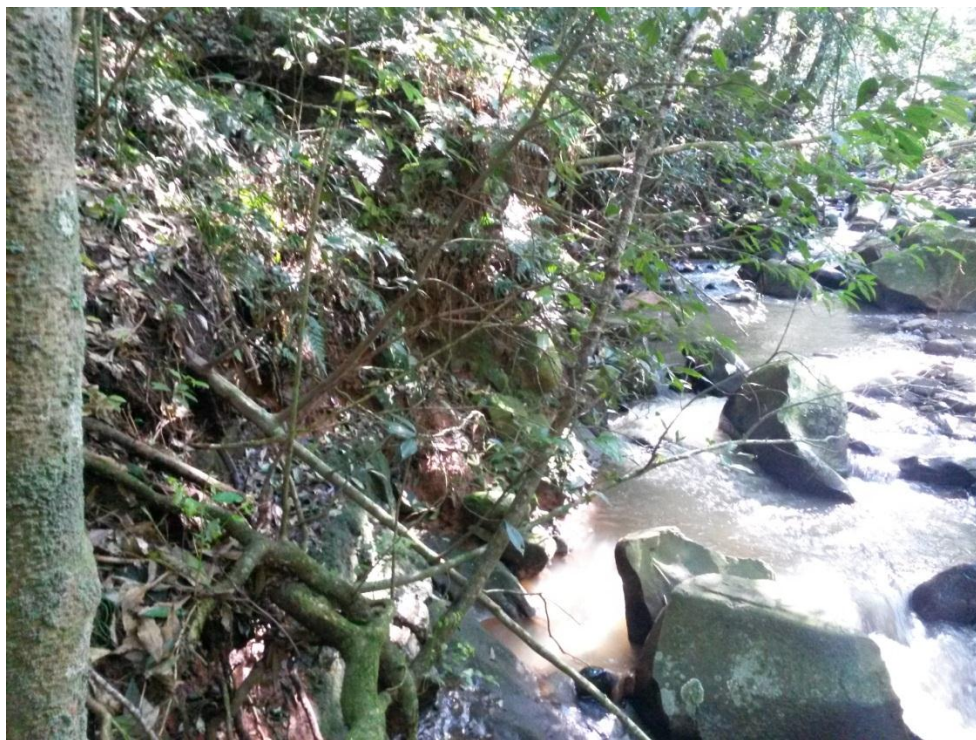


Figura 11 – Margem direita do ponto 9, visão em direção à montante do arroio Val de Buia

As diferentes notas atribuídas ao parâmetro *vegetação* se justificam pela existência de várias formações na mesma área compreendida pela unidade amostral: floresta, vegetação herbácea etc. Neste caso a dificuldade foi contabilizar qual formação era mais preponderante e que poderia caracterizar a área analisada. Constataram-se diferentes graus de alteração nas porções florestais avaliadas no trecho I: floresta sem presença de serapilheira, com presença ou não de sub-bosque, com solos “lavados” ou com pisoteio de gado, etc. Várias áreas de tensão ecológica foram identificadas, a mata ciliar nos trechos I e III não estava dentro dos limites exigidos pela legislação, sendo que no trecho III essa formação foi praticamente ausente. Uma metodologia melhor definida com relação à contabilização da vegetação poderá resolver esse tipo de divergência e contabilizar particularidades.

A ponderação com relação às variáveis analisadas como a constituição e formação de determinada classe de solo; da densidade, tipo e estado de conservação de uma vegetação; a percepção da fragilidade de um ambiente e paisagem etc., para que enfim se possa inferir uma nota sobre o “todo”, acaba por exigir uma capacitação específica por parte do avaliador que aplica o protocolo. Visto que apesar do protocolo tratar de parâmetros e notas, mesmo que se disponha de uma metodologia precisa, essa não dispensará o conhecimento prévio da ciência que envolve a atividade de percepção e avaliação.

Essa constatação contrapõe-se à Rodrigues (2008) que afirma não haver necessidade de formação profissional específica para a equipe que aplica o PAR, bastando apenas um treinamento prévio, podendo o avaliador ser de qualquer segmento social. Neste caso, com relação ao que o Método Monteiro busca avaliar, o grau de precisão e as variáveis envolvidas, a requisição de um olhar treinado se torna determinante para que o PAR gere resultados confiáveis.

O resultado obtido na reaplicação do PAR, a partir das comparações estabelecidas, foi parcialmente semelhante ao resultado original, porém, mesmo que os resultados tivessem forte corroboração positiva com o resultado inicial, deve-se abrir uma discussão quanto à capacidade do protocolo de retratar a situação real de degradação dos taludes fluviais do arroio Val de Buia.

De acordo com o levantamento feito por Monteiro (2014) com a elaboração do perfil longitudinal do Arroio Val de Buia, seus valores de declividade, e as definições dos trechos I, II e III pelo comportamento apresentado por estes em relação à

declividade e as características do relevo e solo, foram reconhecidos três gradientes de declividade distintos entre si. As declividades para os trechos I, II e III são respectivamente: $S_1=0,0183$, $S_2= 0,1273$ e $S_3=0,0352$. Sendo que o trecho I localiza-se na porção de maior altitude e o trecho III localiza-se na região de altitude mais baixa, tendo uma diferença de 180m entre o fim do primeiro trecho e o início do terceiro. Podemos observar que existe uma grande alteração na declividade do trecho II que corresponde ao rebordo do planalto - a transição do planalto para depressão central.

Com relação à influência que o gradiente de declividade pode causar na velocidade do escoamento, ressalta-se uma proporcionalidade direta, onde grandes declividades contribuem significativamente no aumento da carga, restando ao tipo de substrato do fundo, às expansões e contrações graduais da calha fluvial, ao meandramento e à vegetação das margens do curso d'água gerarem a dissipação dessa energia (SUGUIO; BIGARELLA, 1990; SILVA; MASCARENHAS; MIGUEZ, 2007). Embora a formação de meandros por parte de um rio seja um processo natural, no qual a carga em suspensão é maior do que a carga do leito onde o rio tem energia para cavar lateralmente (PENTEADO, 1983), devido ao processo de antropização nas áreas vertentes, o processo de escavação e deposição executado pela corrente se torna mais intenso.

Recorrendo a uma análise a campo da região que compreende o trecho III, caracterizado por uma planície aluvial (Figura 12), os problemas de estabilidade dos taludes e perdas de solo por erosão marginal são muito frequentes devido às inundações que ocorrem no local. A área anteriormente composta por floresta e agora ocupada por agricultura, pastagem e moradias, tem contribuído significativamente para o aumento abrupto do nível das águas em ocasião de chuvas intensas ou de longa duração. Essas alterações ambientais se devem a degradação do solo e à falta de cobertura vegetal eficiente que intercepte e proporcione uma maior infiltração, diminuindo o volume da enxurrada. O ponto em vermelho na figura 12 sinaliza a localização da margem degradada da figura 13.



Figura 12 – Trecho III do perfil longitudinal do arroio Val de Buia.



Figura 13 – Exemplo da estrutura e constituição das margens do trecho III do arroio Val de Buia.

Observa-se na figura 13, uma margem com perfil de solo não consolidado por se tratar de uma planície aluvial, um compartimento topográfico de embutimento elaborado pelo sistema fluvial associado à meandração, onde as sequências deposicionais são resultantes do trabalho do próprio rio. Trata-se de cascalheiras inumadas ou suspensas, evidenciando alternâncias climáticas distintas. São materiais arredondados ou ovalados, mostrando nítido processo de transporte fluvial, por rolamento ou saltação, responsáveis pelo desarestamento.

A partir destas observações pode-se verificar que os resultados do PAR relacionados ao trecho III não demonstram a real fragilidade das margens do arroio Val de Buia relacionada à contribuição das áreas vertentes. Valores semelhantes do PAR são encontrados nos trechos I e II que não apresentam o problema de inundações frequentes.

A compreensão dos fenômenos fluviais em relação às zonas do perfil longitudinal é fundamental para as atividades decisórias, de planejamento e de execução de intervenções ligadas ao manejo dos cursos de água (DURLO; SUTILI, 2014). De acordo com as observações realizadas, pode-se sugerir com segurança o acréscimo de um novo parâmetro para o protocolo de avaliação rápida, o “trecho longitudinal”, que avaliaria as áreas compreendidas por cada trecho, levando em conta os problemas relacionados com o transbordamento dos cursos d’água em ocasião de chuvas intensas ou prolongadas, além de todo compêndio de alterações relacionadas à erosão, assoreamento e deslizamentos que esses eventos trazem consigo.

7 CONCLUSÃO

Ao final deste trabalho de pesquisa, é possível afirmar que houve avanço no aprimoramento da metodologia de utilização do PAR como ferramenta para avaliar indicadores de erosão em taludes fluviais.

Com relação aos objetivos propostos, obteve-se um alcance satisfatório.

A ampliação proporcional dos valores resultantes do PAR, oriundo de Monteiro (2014), pode viabilizar a análise de sensibilidade, fornecendo maior amplitude numérica, que foi necessária tanto para fins matemáticos quanto para fins didáticos.

A análise qualitativa do comportamento dos parâmetros do PAR adequou-se como alternativa de avaliação dos resultados da análise de sensibilidade. Esta, por sua vez, corroborou a hipótese de interdependência dos parâmetros elencados no PAR para um diagnóstico de suscetibilidade à erosão dos taludes fluviais.

Observou-se que os parâmetros vegetação, tipo de solo e uso da terra são condicionantes para a classificação nas categorias de suscetibilidade ou fragilidade a erosão.

A reaplicação do PAR apresentou resultados parcialmente similares aos resultados do PAR original, dadas às orientações estabelecidas para sua aplicação a campo. No entanto, para a realização de uma avaliação efetiva das condições físicas das margens dos cursos d'água, é necessário o treinamento dos profissionais que forem utilizar o método.

Os parâmetros avaliados no PAR necessitam de caracterizações e tipologias de medidas mais exatas e minuciosas, afim de melhor direcionar as interpretações quanto à descrição da área observada durante a avaliação visual das unidades amostrais.

É sugerido o acréscimo de um novo parâmetro na estrutura do protocolo de Monteiro (2014), o parâmetro “trecho longitudinal”, para melhor avaliação das áreas que são acometidas por sucessivas cheias.

Pode-se verificar que o PAR apresentou desempenho adequado neste trabalho, e, se mostrou uma ferramenta que, dados os ajustes conforme a região na qual ele for aplicado, ele poderá auxiliar na gestão de recursos hídricos. Várias frentes relacionadas à avaliação das condições físico-ambientais dos taludes

fluviais, tais como: zoneamentos ambientais, projetos de recuperação de áreas degradadas, de recuperação de matas ciliares poderão lançar mão desta metodologia, assim como acrescentar subsídios à formulação e execução de obras de engenharia natural direcionadas à estabilização das margens dos cursos d'água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLAN, D. J.; CASTILLO, M. M. **Stream Ecology**. Structure and function of running waters. 2.ed, 2007, XIV, 436 p

BIGARELLA, J. J. et al. (2003). Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais. Florianópolis: UFSC, 2003. v. 3, p. 877-1436.

BRENA, D. A.; LONGHI, S. J. Inventário Florestal In: ITAQUI, J. (Org.) Quarta Colônia: inventários técnicos. Santa Maria: Condesus Quarta Colônia, 2002.

BUSS, D. F.; BAPTISTA, D. F.; NESSIMIAN, J. L. Conceptual basis for the application of biomonitoring on stream water quality programs. **Caderno Saúde Pública**. Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 465-473, 2003.

CALLISTO, M., et al. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnologica Brasiliense**, Sorocaba, v. 14, n. 1, p. 91-98, 2002.

CASSETI, V. **Geomorfologia**. Estrutura superficial. [S.l.]: [2005]. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: Agosto de 2015.

COELHO, A. T.; PEREIRA, A. R. Efeitos da vegetação na estabilidade de taludes e encostas. Boletim técnico, **Deflor Bioengenharia**, ano 1, n. 2, 20 p., 2006. Disponível em:<<http://www.deflor.com.br/portugues/pdf/boletim2.pdf> r>. Acesso em: 01 de jul. 2015.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. Ed. Edgard Blücher Ltda. 1981. 313 p.

DURLO, M. A.; SUTILI, F. J. **Bioengenharia: Manejo Biotécnico de Cursos de Água**. 3. ed. Santa Maria: Edição do Autor, 2014. 192 p.

HOLANDA, F. S. R. et al. Riparian vegetation affected by bank erosion in the Lower São Francisco River, Northeastern Brazil. **Revista Árvore** [online]. 2005, vol.29, n.2, p. 327-336.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de Matas Ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2000.

LIMA, W. de P. **Hidrologia Florestal Aplicada ao Manejo de Bacias Hidrográficas**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Departamento de Ciências Florestais Piracicaba. São Paulo, 2008, 253 p.

MARCHIORI, J. N. C. **Fitogeografia do Rio Grande do Sul: campos sulinos**. Porto Alegre: EST, 2004. 110 p.

MARTINS, S. V. **Recuperação de Áreas Degradadas: como recuperar áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e áreas de mineração**. 3.ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2013.

MINATTI-FERREIRA, D.; BEAUMORD, A. C. Adequação de um protocolo de avaliação rápida de integridade ambiental para ecossistemas de rios e riachos: Aspectos físicos. **Health and Environmental Journal**, v. 7, n. 1, p. 39-47, 2006.

MONTEIRO, J. S. **Indicadores de fragilidade à erosão no poio à definição de áreas de preservação permanente em rios**. 2014, 172p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do sul.

PADILHA, D. G.; TREVISAN, M. L.; CRUZ, J. C. Caracterização da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Arroio Grande (RS) como subsídio ao planejamento territorial. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16, 2013, Foz do Iguaçu, PR, **Anais...** Foz do Iguaçu, PR: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2013.

PEDRON, F.A.; AZEVEDO, A.C. de; DALMOLIN, R.S.D.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. **Principais solos da região da Quarta Colônia, Rio Grande do Sul: guia de excursão**. Santa Maria: Departamento de Solos, UFSM, 2007. 41p.

PENTEADO, M. M. **Fundamentos de geomorfologia** 3. ed. 2. tiragem. Rio de Janeiro: IBGE, 1983. 186 p.

RODRIGUES, A. S. L. **Adequação de um protocolo de avaliação rápida para o monitoramento e avaliação ambiental de cursos d’água inseridos em campos rupestres**. 2008. 146 p. Contribuições às Ciências da Terra. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) - Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2008.

RODRIGUES, A. S. L.; CASTRO, P. T. A. Protocolos de avaliação rápida: instrumentos complementares no monitoramento dos recursos hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 13, p. 161-170, 2008.

RODRIGUES, A. S.; MALAFAIA, G.; CASTRO P. de T. A importância da avaliação do habitat no monitoramento da qualidade dos recursos hídricos: uma revisão. **SaBios-Revista de Saúde e Biologia**, Campo Mourão, v. 5, n. 1, p.26-42, 2010.

SARDINHA, A. M.; MACEDO, F. W. **Hidráulica florestal**. Instituto Universitário de Trás-Os-montes e Alto Douro. Vila Real, 1981.

SCHWARZBOLD, A. Teorias ecológicas dos rios. **Ciência & Ambiente**, v. 41, n. 2, p. 5-20, jul./dez. 2010.

SEMA. Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado do Rio Grande do Sul: **bacia hidrográfica dos rios vacacaí-vacacaí mirim**. Porto Alegre, 2010a. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br>>. Acesso em Agosto de 2015.

SEMA. Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado do Rio Grande do Sul: **inventário florestal contínuo do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 2010b. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br>>. Acesso em Agosto de 2015.

SILVA, R. C. V. da; MASCARENHAS, F.C.B.; MIGUEZ, M.G. **Hidráulica Fluvial**, v. 1, 2. ed. Rio de Janeiro: Coppe/UFRJ, 2007

SILVEIRA, G. M. **Análise de sensibilidade de hidrogramas de projeto aos parâmetros e sua definição indireta**. 2010. 244 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. Ed. Porto Alegre – Emater/RS-ASCAR. 2008. 222 p.

SUGUIO, K.; BIGARELLA, J. J. **Ambientes fluviais**. 2º edição. Editora da UFSC: Editora da Universidade Federal do Paraná. Brasil. 1990.

SUTILI, F. J. **Bioengenharia de solos no âmbito fluvial do sul do Brasil**: espécies aptas, suas propriedades vegetativo-mecânicas e emprego na prática. 2007. 95 f. Tese de Doutorado (Instituto de Bioengenharia de Solos e Planejamento da Paisagem) - Universidade Rural de Viena, Viena, Áustria, 2007.

TREVISAN, M. L. et al. Sensibilidade de Fatores para Valoração do Ambiente com o Uso de Avaliação Multicritério e Geoprocessamento Digital RBRH - **Revista Brasileira de Recursos Hídricos** v. 16, n. 2, p. 39-48, Abr/Jun 2011

VILAS BOAS, C. L. Análise da Aplicação de métodos multicritérios de apoio à decisão (MMAD) na gestão de recursos hídricos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16, 2005, João Pessoa, PB. **Anais...** João Pessoa, PB: ABRH, 2005.

ZAKIA, M. J. B. **Identificação e caracterização da zona ripária em uma microbacia experimental: implicações no manejo de bacias hidrográficas e na recomposição de matas naturais.** Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo.1998, 113 p.

ANEXOS

Anexo A - Texto com as orientações de como aplicar o PAR entregue aos profissionais nas campanhas a campo.

Orientações para aplicação do PAR

A forma como cada um destes parâmetros deve ser interpretada, a fim de atribuir uma ou outra categoria a estes, dá-se da seguinte maneira:

1)**VEGETAÇÃO**: observar a ausência (vegetação inexistente) e a presença de vegetação. Em caso de presença de vegetação na área, determinar a largura (m) da faixa vegetada a partir do talude, tendo como distância limite transversalmente ao curso d'água a largura da APP prevista na Lei Federal 12.561/2012 e, descrever o porte da vegetação diferenciando-o em: arbórea (com altura ≥ 3 (três) m), arbustiva (com altura entre 3 (três) e 1 (um) m) e, herbácea (incluindo as poáceas) (com altura abaixo de 1 (um) m).

2)**TEXTURA DO SOLO**: classificar o solo do talude, visualmente, em rochoso, argiloso e arenoso. Em casos onde ao longo da profundidade do talude houver solo e não apenas rocha, faz-se a coleta de amostra de solo para análise textural em laboratório, a fim de conferência da classificação visual;

3)**TRECHO DO RIO**: descrever se o trecho em avaliação encontra-se em um trecho retilíneo, no raio externo ou no raio interno de uma curva;

4)**INCLINAÇÃO DO TALUDE (GRAUS)**: observar se o talude apresenta uma inclinação $\leq 30^\circ$, $> 30^\circ$ e $< 90^\circ$, e, $\geq 90^\circ$ (neste caso incluir os taludes “solapados”);

5)**PROFUNDIDADE DO SOLO NO TALUDE (M)**: observar no perfil do próprio talude, desde a porção superior do talude até o leito do curso d'água, enquadrando em 4 classes distintas: < 50 cm, entre 50 e 100 cm, ≥ 100 a 150 cm e, > 150 cm.

6)**LARGURA DO CURSO D'ÁGUA (M)**: observar a “linha reta” entre os taludes, a qual tem como referência a largura do leito regular - “*a calha por onde correm regularmente as águas do curso d'água durante o ano*”-, conforme definição da Lei Federal 12.651, de 2012.

7)**USO E COBERTURA DA TERRA**: classificar em: agricultura e solo exposto, pastagem ou campo nativo, floresta plantada, floresta nativa e, pavimentos (área construída no meio rural e área urbana). Este parâmetro deve ser observado nas áreas circunvizinhas às unidades amostrais e, também, sempre que necessário,

é observado na própria unidade amostral, quando o parâmetro “vegetação” corresponder à categoria “inexistente”.

Observações:

Para definir as categorias dos parâmetros “vegetação”, “textura do solo”, “trecho do rio”, “inclinação do talude” e “profundidade do solo no talude”, utiliza-se como critério que mais de 50% da área observada deverá ser representada por dada categoria. Ou seja, mais de 50% da área observada deverá ser ocupada por vegetação arbórea para que o parâmetro “vegetação” fosse enquadrado na categoria arbórea.

Quando na área avaliada não for encontrada a predominância (mais de 50%) de uma única categoria para dado parâmetro, deve-se observar o percentual ocupado por todas as categorias presentes.

O parâmetro “uso e cobertura da terra” deve ser avaliado em área circunvizinha à APP, isto após o limite previsto para a APP.

