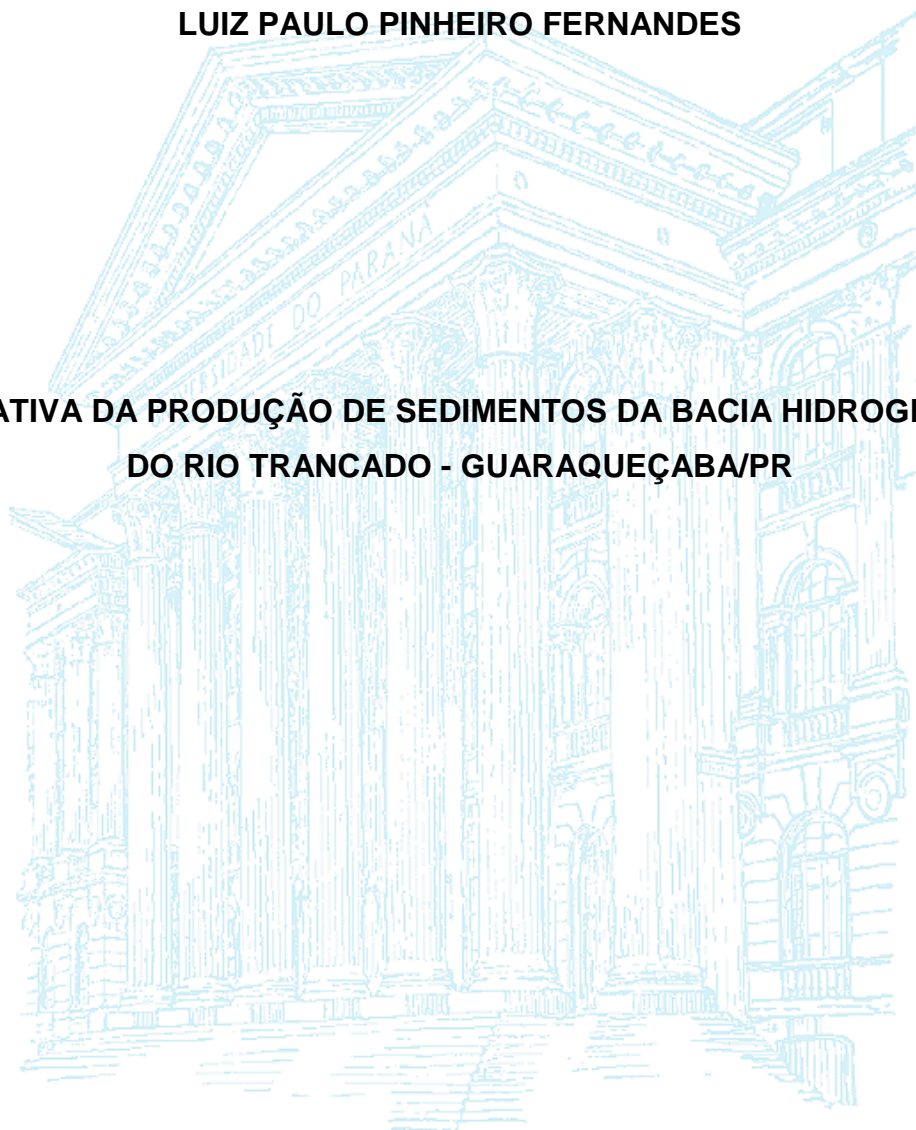


**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

LUIZ PAULO PINHEIRO FERNANDES

**ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO TRANCADO - GUARAQUEÇABA/PR**



Curitiba

2014

LUIZ PAULO PINHEIRO FERNANDES

**ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO TRANCADO - GUARAQUEÇABA/PR**

Relatório final apresentado como requisito final para
obtenção do título de especialista em Análise Ambiental,
Departamento de Geografia, Setor de Ciências da Terra,
Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Vedor de Paula.

Curitiba

2014

Índice de Ilustrações

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo	3
Figura 2: Mapa de localização dos pontos de coleta.....	7
Figura 3: Mapa geológico da bacia do rio Trancado.	13
Figura 4: Grau de Suscetibilidade Geológica	14
Figura 5: Mapa pedológico da bacia do rio Trancado	16
Figura 6: Grau de suscetibilidade pedológica	17
Figura 7: Mapa hipsométrico da bacia do rio Trancado.....	20
Figura 8: Mapa de declividade da bacia do rio Trancado	21
Figura 9: Grau de suscetibilidade da declividade da bacia do rio Trancado	22
Figura 10: Fluxo da água no plano de curvatura e fluxo da água no perfil da curvatura.....	23
Figura 11: Forma de vertentes da bacia hidrográfica do rio Trancado.....	24
Figura 12: Grau de suscetibilidade das vertentes.....	25
Figura 13: Suscetibilidade geopedológica à produção de sedimentos.....	27
Figura 14: Mapa de cobertura vegetal e uso da terra na bacia do rio Trancado	29
Figura 15: Características dos pontos citados.....	30
Figura 16: Mapa de estimativa de produção de sedimentos.....	32

Índice de Tabelas

Tabela 1: Articulação dos mapas utilizados.....	3
Tabela 2: Solos presentes no mapeamento da SPVS.....	5
Tabela 3: Coordenadas efetivas dos pontos de coleta	6
Tabela 4: Escala de Suscetibilidade à produção de sedimentos	8
Tabela 5: Definição das classes de potencial à produção de sedimentos no Cenário	9
Tabela 6: Classes de produção de sedimentos.....	10
Tabela 7: Unidades geológicas presentes na área de estudo.....	12
Tabela 8: Classes pedológicas encontradas na bacia do rio trancado	15
Tabela 9: Declividade da bacia do rio Trancado	19
Tabela 10: Forma de vertentes na bacia do rio Trancado.....	24
Tabela 11: Suscetibilidade geopedológica.....	26
Tabela 12: Cobertura vegetal e uso da terra na bacia do rio Trancado	28
Tabela 13: Produção de sedimentos para a bacia do rio Trancado.....	31

Sumário

1	Introdução.....	1
2	Procedimentos Metodológicos	2
2.1	Etapa 1.....	2
2.1.1	Delimitação da Área de Estudo.....	2
2.1.2	Geologia.....	4
2.1.3	Geomorfologia.....	4
2.1.4	Pedologia	5
2.2	Etapa 2	5
2.3	Etapa 3.....	7
2.4	Estimativa da produção de sedimentos	8
2.5	Estimativa da produção de sedimentos	9
3	Caracterização da Área de Estudo.....	10
3.1	Localização da área de estudo	10
3.2	Aspectos Climáticos.....	11
3.3	Geologia.....	11
3.4	Pedologia.....	14
3.5	Geomorfologia.....	18
3.6	Hipsometria	18
3.7	Declividade	19
3.8	Forma de vertentes	22
4	Suscetibilidade geopedológica à produção de sedimentos.....	26
4.1	Uso do solo atual.....	27
4.2	Estimativa de produção de sedimentos para o uso do solo atual	31
5	Considerações Finais	33
6	Referências	34
7	Apêndice	36

1 Introdução

Os impactos decorrentes da ação humana frente ao meio ambiente são cada vez mais recorrentes, provocando impactos diretos ou indiretos na sociedade, de maneira geral, sejam eles de cunho social ou econômicos.

Entre eles podem-se destacar o aumento da erosão causada, em alguns casos, diretamente pelos impactos antrópicos sob determinada região e os que ocorrem em locais mais longínquos. Os impactos em locais distantes da fonte podem ser associados a processos hídricos e ao carreamento de sedimentos, acelerando processos erosivos em seu trajeto e em seu fim assoreando corpos hídricos de maior ordem.

Conforme descrito por Paula (2010) áreas dispostas em complexos estuarinos são áreas naturalmente receptoras dos sedimentos das bacias hidrográficas à montante. A bacia hidrográfica do rio Trancado, área de estudo selecionada para a realização do presente estudo, aporta sedimentos na bacia do rio Tagaçaba, que por sua vez drena para o Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP).

Segundo Curcio *et al.* (2006) a geopedologia pode ser entendida como a combinação dos aspectos geológicos, geomorfológicos e pedológicos, voltada à compreensão das potencialidades e fragilidades da dinâmica do ambiente.

A caracterização geopedológica da área faz-se necessária em virtude da escassez de mapeamentos pedológicos em escala grande no litoral do Paraná, em especial no município de Guaraqueçaba, onde a bacia hidrográfica selecionada para o presente estudo está localizada.

Diante do exposto os objetivos deste trabalho correspondem à:

- Caracterização geológica, geomorfológica e pedológica da bacia em questão;
- Confecção de uma carta pedológica em escala 1:50.000;
- Elaboração de uma carta de suscetibilidade geopedológica à produção de sedimentos;
- Análise da produção de sedimentos da bacia do rio Trancado para o atual uso e cobertura do solo.

2 Procedimentos Metodológicos

O presente estudo foi desenvolvido em três etapas como a seguir:

- Etapa 1 - Delimitação da bacia hidrográfica do rio Trancado e a caracterização dos aspectos físicos como geologia, geomorfologia (formas de vertente e declividade) e pedologia, visando o mapeamento da suscetibilidade geopedológica;

- Etapa 2 – Validação do mapa preliminar de solos, seguida do mapeamento da cobertura vegetal e do uso da terra;

- Etapa 3 - Elaboração da carta de suscetibilidade geopedológica e a análise da produção de sedimentos da bacia do rio Trancado para o atual uso e cobertura do solo.

2.1 Etapa 1

Esta etapa compreendeu a delimitação da área de estudo, bacia hidrográfica do rio Trancado, e o levantamento de dados geopedológicos como suporte à construção do mapa de suscetibilidade geopedológica à produção de sedimentos. Foram levantados dados de geologia, geomorfologia (declividade e formas de vertente) os quais subsidiaram a criação do mapa preliminar de solos local.

2.1.1 Delimitação da Área de Estudo

A seleção da área de estudo teve como critério a disponibilidade de informações, bem como facilidade de acesso. O local escolhido foi a bacia hidrográfica do rio Trancado em Guaraqueçaba – PR (Figura 1), afluente de menor ordem do rio Tagaçaba e compreende uma área de aproximadamente 1.881,49 hectares.

A delimitação da bacia hidrográfica do rio Trancado foi efetuada sobre as cartas topográficas da DSG (Divisão de Serviços Geográficos do Exército)

disponíveis para toda a área de estudo na escala 1:25.000 e publicadas em 2002. As cartas utilizadas estão indicadas na Tabela 1.

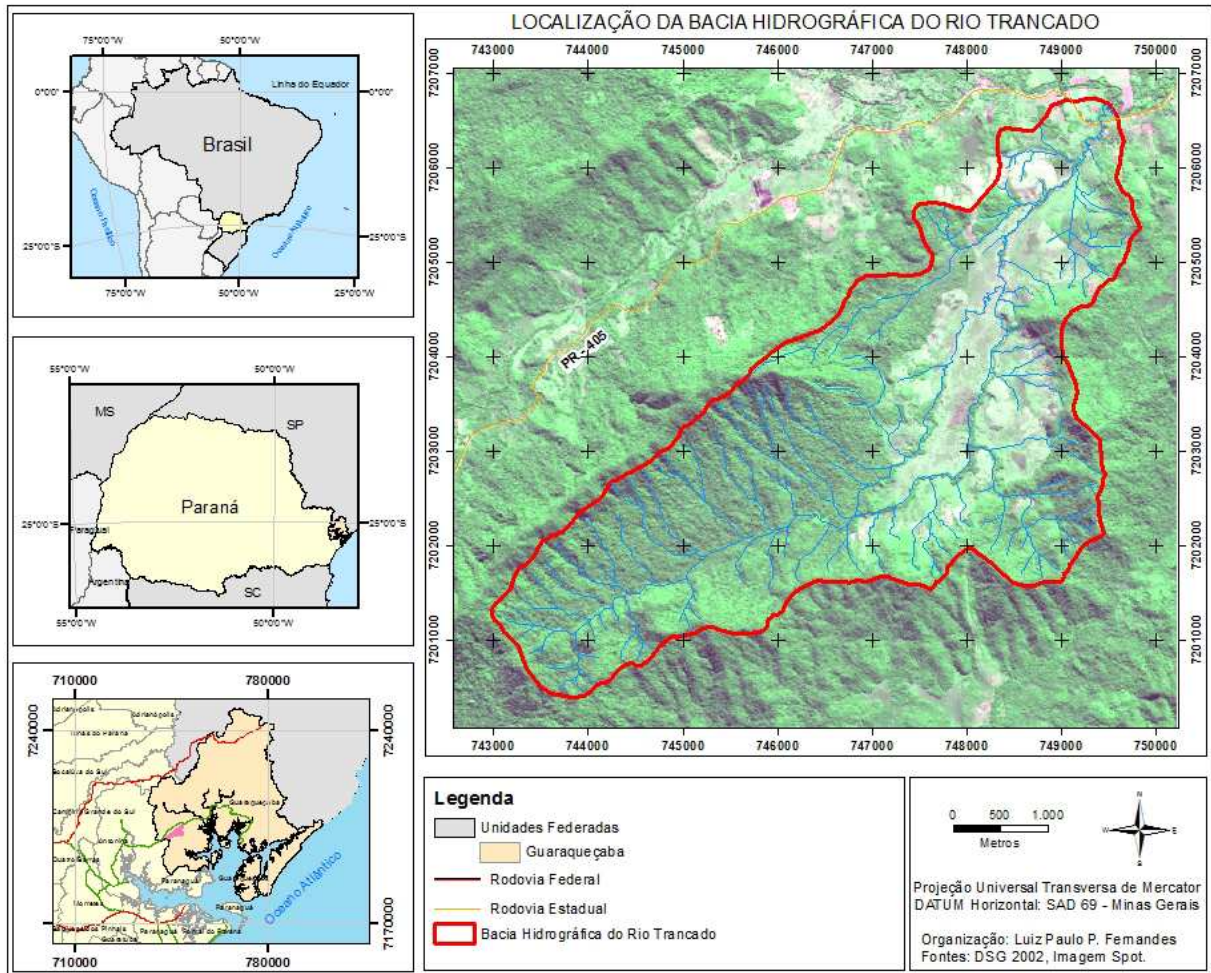


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo

Tabela 1: Articulação dos mapas utilizados.

Nome	Código	Escala
Potinga	2843-3 SE	1:25.000
Itaqui	2843-4 NE	1:25.000

2.1.2 Geologia

A base de dados geológica utilizada foi elaborada na escala 1:50.000, descrita em Paraná (2003). Esta base de dados foi confeccionada no âmbito do projeto Pró-Atlântica pela MINEROPAR (Minerais do Paraná S/A) e disponibilizada pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMA/PR). Optou-se por utilizar simbologia semelhante à convencionada pela MINEROPAR, instituição responsável pela confecção do mapeamento (PAULA, 2010).

2.1.3 Geomorfologia

Para a construção da base de dados geomorfológica, foram utilizadas as curvas de nível, pontos cotados e hidrografia em escala 1:25.000 e com equidistância de 10 metros, disponibilizadas em formato digital. Através destas informações foi possível criar um banco de dados e gerar um modelo digital do terreno hidrologicamente corrigido, com o auxílio do *software ArcGIS 9.3.1*. Com base neste modelo se obtiveram os dados hipsométrico, declividade e forma de vertentes (SILVEIRA, 2010).

O mapa hipsométrico permite analisar a variação altimétrica a partir das informações planimétricas presentes (SIRTOLI, 2008 *apud* NOWATZKI, 2013). Neste estudo o mesmo teve como principal função auxiliar no processo de delimitação das áreas com predominância de solos hidromórficos, especificamente Gleissolos.

O mapa de declividade, por sua vez possibilita que se observe a inclinação do terreno, tendo parâmetros para a divisão de classes o padrão adotado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Para a sua representação gráfica, cores frias são utilizadas e indicam áreas de menor declividade enquanto cores quentes as áreas com maiores inclinações.

Ainda através do modelo digital do terreno foi possível criar o mapa de formas de vertente. A classificação das vertentes pode ser dividida de acordo com as formas que as mesmas assumem naturalmente no terreno, estas são divididas em três classes: côncavas convergentes, convexas divergentes e plano-retilíneas.

Para representar os intervalos foram utilizados de acordo com o descrito por Silveira (2010) sendo estes superiores a 0,05 para representar segmentos vertentes côncavos convergentes, inferior a -0,05 para segmentos convexos divergentes e entre -0,05 a 0,05 segmentos plano - retilíneos.

2.1.4 Pedologia

Para a confecção do mapa preliminar de solos utilizou-se além das informações supracitadas, o mapeamento pedológico efetuado pela Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental – SPVS no ano de 2002 e apresentado em escala 1:30.000, para a RPPN (Reserva Particular do Patrimônio Natural) do Itaqui.

Considerando somente a área de estudo, o mapeamento abrange uma área de 73,58 ha, correspondendo a 3,9% da área de drenagem do rio Trancado. Na Tabela 2 tem-se a quantificação dos solos presentes neste mapeamento.

Tabela 2: Solos presentes no mapeamento da SPVS.

Solo	Símbolo	Peso	Área (ha)	%
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico latossólico	PVAd	3	40,88	2,2
CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico argissólico	CXbd7	2,5	3,12	0,2
GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico	GXbd2	1	29,58	1,6
Total			73,58	3,9

2.2 Etapa 2

Esta etapa compreendeu a validação do mapa preliminar de solos, bem como o reconhecimento do uso do solo para posterior mapeamento. Para o processo de validação foram coletadas diferentes amostras na área que compreende a área de drenagem do rio Trancado. Tais amostras foram submetidas às análises de laboratório para determinar a granulometria e o teor de carbono. Sendo estas desenvolvidas no laboratório de solos no setor de ciências agrárias da UFPR, podendo ser encontrado no Apêndice 1.

Para o processo de reconhecimento do uso da terra percorreu-se, na totalidade, a bacia hidrográfica do rio Trancado, registrando através de fotografias áreas com variados graus de degradação e para posterior consulta ao efetuar o mapeamento de uso do solo.

Para tanto, utilizou-se como base o mapa cobertura vegetal e uso da terra, na escala 1:25.000, atualizado para o ano para o ano de 2013 e cedido pela Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental (SPVS), o qual teve como base o mapeamento do Pró-Atlântica (2001). As informações contidas neste mapeamento foram refinadas com ajuda das imagens do *software Google Earth* e imagens dos satélites *Spot* (2005) e *Landsat 8* (2014).

Para as coletas de solos foram selecionados dois pontos por classe mapeada, considerando-se a acessibilidade e locais que apresentassem pouca alteração no uso local. De acordo com estes critérios manteve-se ao menos um ponto por polígono nos locais acessíveis. Os pontos de coleta efetivos encontram-se listados na Tabela 3, enquanto que sua espacialização representada na Figura 2.

A seleção em campo dos pontos de coleta buscou locais representativos para o solo associado. Em seguida, as coletas foram efetuadas com trado holandês. A cor de cada horizonte foi definida com o auxílio da Tabela de MUNSELL (2000). Por último os pontos amostrados foram levantados através de GPS (*Global Positioning System*) de navegação GARMIM modelo 60 CSx.

Tabela 3: Coordenadas efetivas dos pontos de coleta

Ponto	Elevação em metros	Coordenadas UTM	
		X	Y
P 01	18,5	747664	7204337
P 02	22	747658	7204353
P 03	45	747473	7204085
P 04	62,5	748987	7204693
P 05	17,5	749112	7204937
P 06	102	748123	7202299

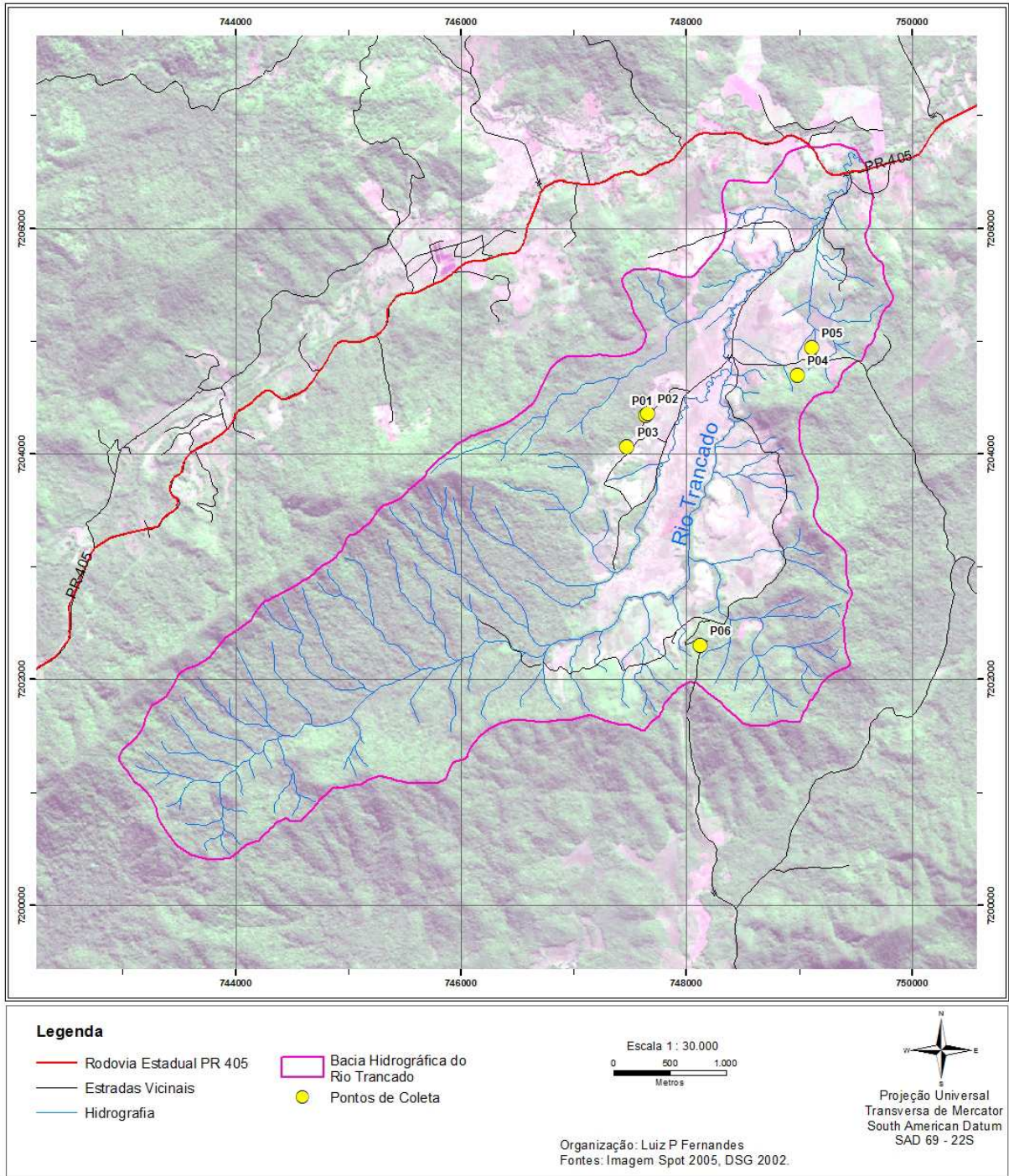


Figura 2: Mapa de localização dos pontos de coleta

2.3 Etapa 3

Esta etapa contemplou a determinação a suscetibilidade geopedológica à produção de sedimentos pela aptidão natural da área e pela atual cobertura vegetal e uso da terra.

2.4 Estimativa da produção de sedimentos

A confecção da carta de suscetibilidade geopedológica à produção de sedimentos foi efetuada em três etapas, sendo a primeira correspondente à hierarquização da geologia, geomorfologia e pedologia, de acordo com Crepani *et al.* (2001) e Paula (2010). O segundo passo foi atribuir os valores de suscetibilidade, variando de 1 (muito baixo) a 3 (muito alta), conforme indicado na Tabela 4.

Tabela 4: Escala de Suscetibilidade à produção de sedimentos

Valor	Grau de Suscetibilidade
1,0	Muito Baixa
1,1	
1,2	
1,3	
1,4	Baixa
1,5	
1,6	
1,7	
1,8	Moderada
1,9	
2,0	
2,1	
2,2	Alta
2,3	
2,4	
2,5	
2,6	Muito Alta
2,7	
2,8	
2,9	
3,0	

Fonte: Paula (2010) adaptado de Crepani et al. (2001)

Por fim, com o auxílio da ferramenta *Raster Calculator*, disponível no software *ArcGIS 9.3.1*, por meio da extensão *Spatial Analyst*, calculou-se a média aritmética dos elementos de acordo com o apresentado por Paula (2010), utilizando a seguinte expressão:

$$SG = ([GEO] + [PED] + (([DEC] + [FVE] / 2)) / 3$$

Sendo SG é a suscetibilidade geopedológica à produção de sedimentos, Geo é a geologia, Ped a pedologia, Dec a declividade e Fev as formas de vertente.

2.5 Estimativa da produção de sedimentos

O cálculo da produção de sedimentos teve por objetivo estimar a taxa anual de produção para a área de drenagem do rio Trancado.

Considerando o tamanho reduzido da bacia do rio Trancado optou-se por espacializar as estradas vicinais. Para tanto, *buffers* de 25 metros foram construídos e incluídos no mapeamento atualizado de cobertura vegetal e uso da terra, de acordo com o proposto por Corrêa e Dedecek (2009) *apud* Paula (2010).

Para o cálculo da estimativa de produção de sedimentos utilizou-se o cruzamento do uso do solo atual, com a suscetibilidade geopedológica à produção de sedimentos. Os pesos atribuídos aos elementos são demonstrados na Tabela 5. Sua amplitude vai de muito baixo (I), que representa menores taxas de produção a muito alto (V) para as maiores taxas de produção.

Tabela 5: Definição das classes de potencial à produção de sedimentos no Cenário

Uso do Solo	Suscetibilidade Geopedológica				
	Muito Baixo	Baixo	Moderado	Alto	Muito Alto
Vegetação Avançada	I	I	I	II	II
Vegetação Média	I	I	II	II	III
Rizicultura	I	I	II	II	III
Cultura Permanente	II	II	III	IV	IV
Pastagem	II	II	III	IV	IV
Estradas e Acessos	III	IV	IV	V	V

Para o cálculo de da estimativa da produção de sedimentos total da área de drenagem do rio Trancado adotaram-se as taxas conforme o descrito por Campagnoli (2005) *apud* Paula (2010) (Tabela 6). Para a realização do cálculo, a equação a seguir foi utilizada:

$$PS = Acl*5 + AclI*35 + AclII*135 + AclV*300 + AcV*450$$

Onde PS é a produção de sedimentos, Acl é a área da classe de potencial muito baixo, AclI área da classe de potencial baixo, AclII área da classe de potencial moderado, AclV área da classe de potencial alto, AcV área da classe de potencial muito alto.

Tabela 6: Classes de produção de sedimentos

Classe de produção de sedimentos	Taxa de produção de sedimentos (t.km ² .a ⁻¹)	Valores adotados para a estimativa (t.km ² .a ⁻¹)
I - Muito Baixa	< 5	3
II - Baixa	5 - 70	35
III - Moderada	70 - 200	135
IV - Alta	200 - 400	300
V - Muito alta	> 400	450

3 Caracterização da Área de Estudo

3.1 Localização da área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Trancado (Figura 1) está totalmente inserida na Área de Proteção Ambiental (APA) de Guaraqueçaba, entre as coordenadas 48°31'14"W, 25°14'02"S e 48°35'13"W, 25°17'38"S, instituída pelo decreto nº 90.883, sendo esta, criada com o intuito de preservar uma das últimas áreas representativas de Floresta Ombrófila Densa do país, bem como regulamentar seu uso e ocupação.

Esta bacia caracteriza-se, segundo a classificação de hierarquização fluvial proposta por Strahler (1952), como sendo uma bacia de 4ª ordem, com uma área aproximadamente 1.881,49 hectares, tendo seu canal principal extensão aproximada de 10 quilômetros.

Apresenta alta dissecação com inclinações superiores a 47% e encontra-se na unidade morfoescultural denominada Serra do Mar Paranaense, localizada no cinturão orogênico do Atlântico Sul (MINEROPAR, 2006). O substrato geológico da região é, de maneira geral, composto por sedimentos recentes, rochas do Complexo Gnáissico Migmatítico e Complexo Serra Negra.

Como substrato pedológico apresenta de maneira geral, Neossolos, Gleissolos e Cambissolos. Nesta porção do estado desenvolve-se o domínio fitogeográfico conhecido como Mata Atlântica tendo como principais domínios a Floresta Ombrófila Densa Submontana e Vegetação Inicial os predominantes na bacia do rio Trancado (MAACK, 1968).

3.2 Aspectos Climáticos

Nas porções mais elevadas da bacia hidrográfica a denominação climática segundo Köppen é subtropical úmido mesotérmico - Cfa, úmido em todas as estações com verões quentes e médias de temperatura entre -3°C e 18°C no mês mais frio e médias superiores a 22°C na estação mais quente (MENDONÇA e OLIVEIRA, 2009). Como não apresenta estação seca definida, a região conta com precipitações regulares sem a presença de geadas frequentes. Em virtude do gradiente altimétrico sua temperatura diminui aproximadamente 1°C a cada 100 metros de ascensão (Maack, 1981).

A Serra do Mar caracteriza uma barreira natural para os ventos alísios provenientes do sudeste. Ao atingir a altitude de 1200 metros a umidade destes ventos se condensa nas vertentes da porção leste da Serra do Mar dando origem a neblina e as chuvas orográficas (Maack, 1981).

As precipitações na região serrana atingem valores médios de 3500 mm, mas já chegaram a valores superiores a 7400 mm em sua porção sul (Maack, 1981).

3.3 Geologia

A influência geológica nos estudos de suscetibilidade geopedológica à produção de sedimentos tem como base o grau de coesão das rochas que compõem os compartimentos geológicos de determinada paisagem natural. Rochas com maior grau de coesão tentem a resistir mais ao intemperismo do que rochas pouco coesas. Desta forma, grau de coesão refere-se à intensidade da ligação entre os elementos que a constituem (CREPANI *et al.*, 2010). Sendo assim, rochas pouco

coesas são mais suscetíveis a processos intempéricos, contribuindo com maior volume de sedimentos aos processos de transporte e deposição.

De acordo com Teixeira (2009), o intemperismo é o conjunto de modificações de ordem física (desagregação) e química (decomposição). Seus subprodutos, como por exemplo, a rocha alterada e o solo, estão sujeitos a outros processos do ciclo supérgeno seja erosão, transporte ou sedimentação.

Dentre os fatores controladores dos processos intempéricos cabe destacar o clima com a variação do gradiente de temperatura e umidade, o relevo com as condicionantes para a drenagem do terreno e a biota fornecedora de matéria orgânica para os processos químicos. Por fim, o tempo exerce sua influência ao somar estes fatores ao longo tempo de exposição do compartimento geológico ao processo intempérico (TEIXEIRA *et al.*, 2009; CREPANI *et al.*, 2010).

O grau de coesão das rochas é a informação básica geológica a ser observada, uma vez que em rochas pouco coesas prevalecem processos com capacidade de modificar o relevo (morfogênese) e em rochas mais coesas prevalecem processos intempéricos e a pedogênese (CREPANI *et al.*, 2010).

Como o descrito por Crepani *et al.* (2010) na tentativa de classificar a suscetibilidade aos processos intempéricos, se atribuiu uma escala de suscetibilidade para as litologias mais comumente encontradas no Brasil. As litologias encontradas na área de estudo, bem como sua classificação de acordo com esta classificação podem ser observadas na Tabela 7 e nas Figura 3 e Figura 4.

Tabela 7: Unidades geológicas presentes na área de estudo.

Sigla	Unidade Geológica	Área (ha)	%	Peso
APIcq	Complexo Cachoeira	194,41	10,3	1,7
APImge	Complexo Gnáissico-Migmatítico	500,36	26,6	1,3
APIrmx	Complexo Metamórfico Sem Denominação	116,10	6,2	1,7
APIsn	Complexo Serra Negra	234,49	12,5	1,5
QHa	Sedimentos recentes	534,11	28,4	3
QHc	Sedimentos recentes	55,34	2,9	3
Qt	Sedimentos recentes	246,66	13,1	3
Total		1.881,49	100	

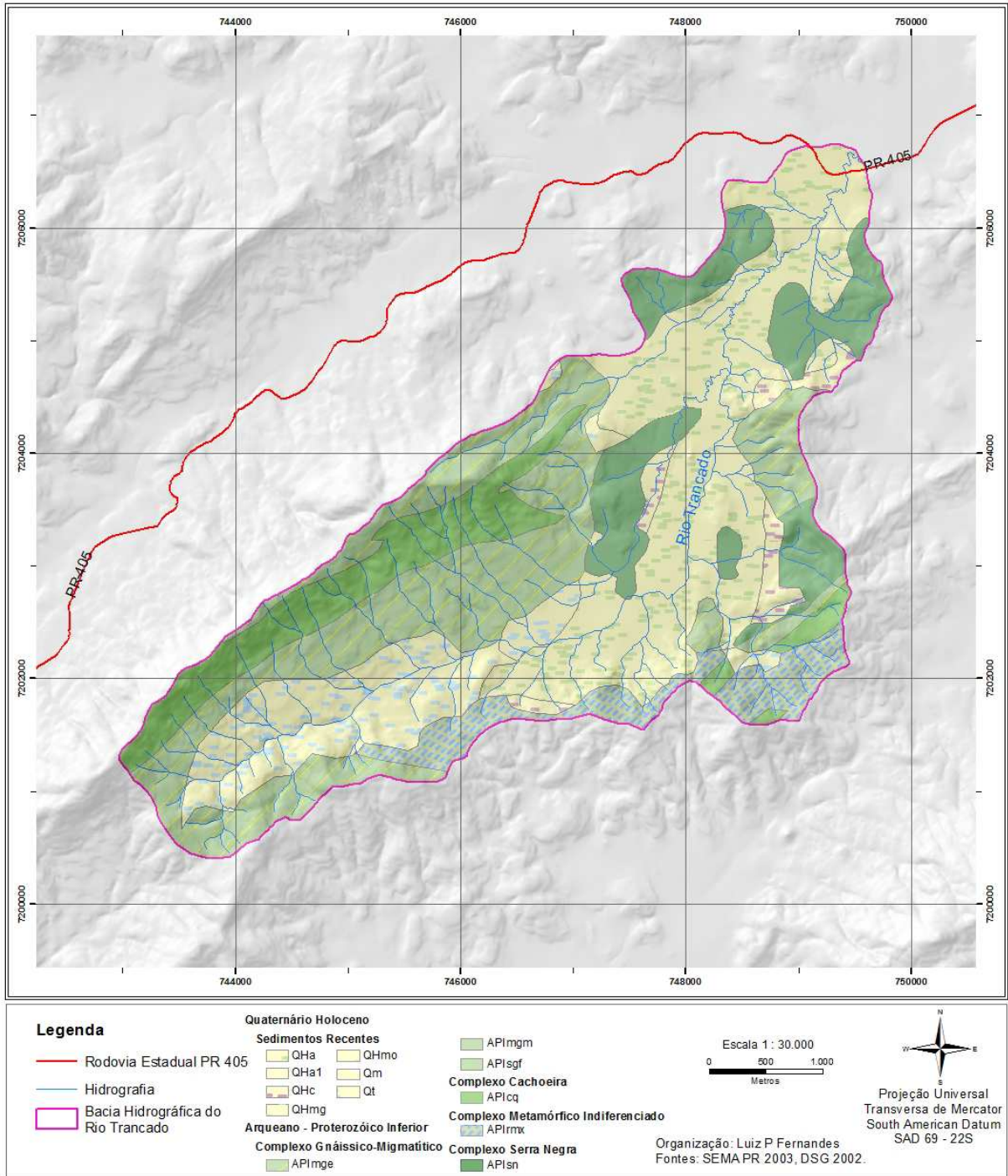


Figura 3: Mapa geológico da bacia do rio Trancado.

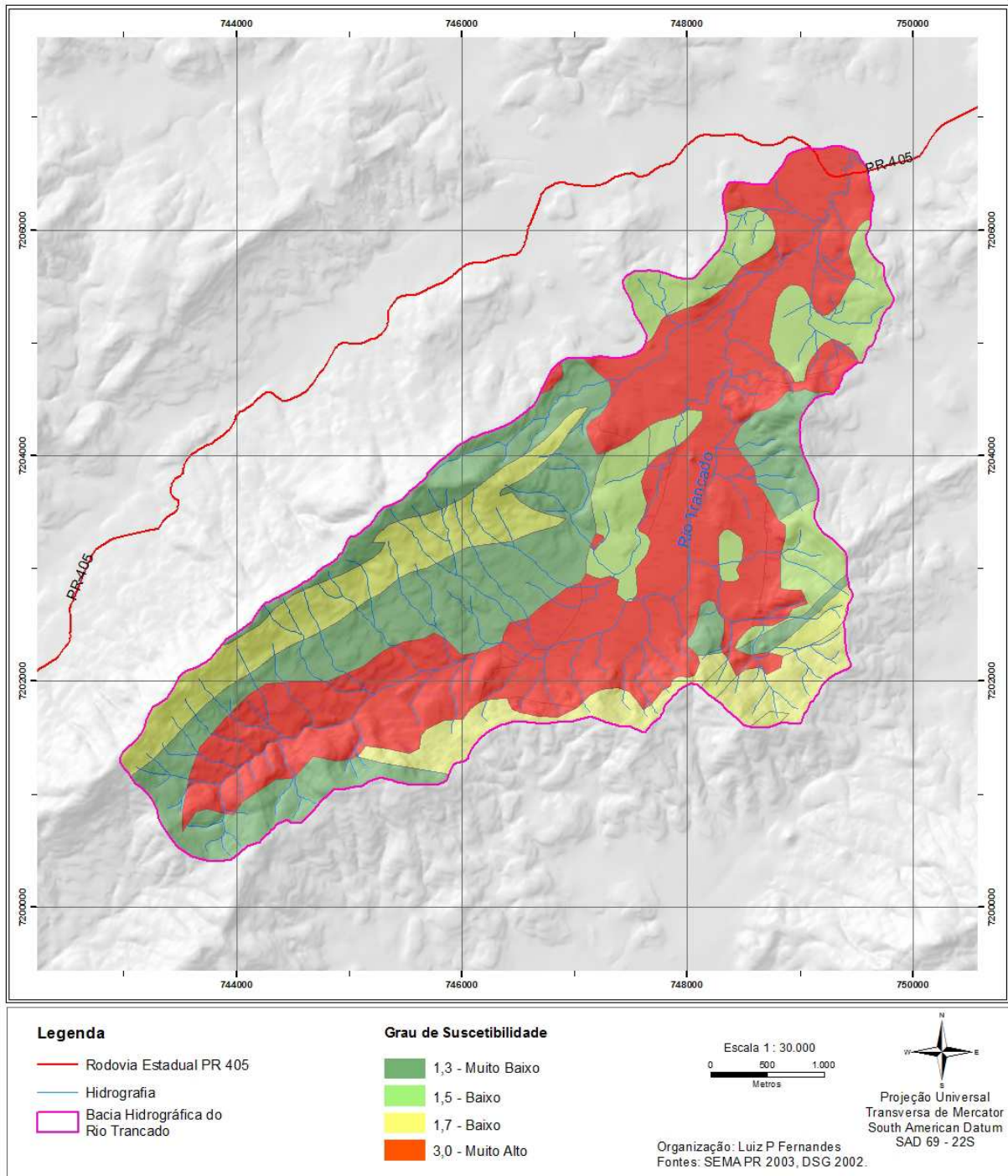


Figura 4: Grau de Suscetibilidade Geológica

3.4 Pedologia

Por solo pode-se entender todos os corpos, na superfície da terra, naturais ou não, que possuem em sua composição matéria orgânica e organismos vivos, com a capacidade de suporte para organismos vegetais. Seus limites naturais são,

na parte superior, o ar atmosférico ou corpos hídricos rasos e seu limite inferior, de difícil conceituação, podendo apresentar poucos centímetros chegando até a casa das dezenas de metros, onde apresentará pouca ou nenhuma das interações anteriormente citadas (IBGE, 2007).

Sendo assim, por solo entende-se um corpo mineral e/ou orgânico pouco consolidado que serve como suporte para a vida orgânica na superfície do planeta (IBGE, 2007).

Na área de drenagem do rio Trancado são encontradas as seguintes classes pedológicas: Cambissolo Háptico, Gleissolo Háptico, Argissolos Vermelho-Amarelo, Neossolo Litólico e Cambissolo Húmico. Sua quantificação, bem como a espacialização pode ser encontrada na Tabela 8 e nas Figura 5 e Figura 6.

Tabela 8: Classes pedológicas encontradas na bacia do rio trancado

Solo	Código	Área (ha)	Peso
Argissolo Vermelho - Amarelo	PVA	182,40	3
Cambissolo Háptico	CX	1.030,44	2,5
Cambissolo Húmico	CH	159,21	2,5
Gleissolo Háptico	GX	345,11	1
Neossolo Litólico	RL	164,34	2
Total		1.881,50	

Segundo Lepsch (2009) e Embrapa (2013) Argissolos podem ser descritos como solos bem desenvolvidos, mas ainda em processo de evolução se comparados a Nitossolos ou Latossolos. Apresentam um horizonte B textural logo abaixo de horizontes A ou E apresentando neste, uma quantidade significativa de argila se comparado aos outros mais arenosos. A deposição desta argila no horizonte B ou sua migração para horizontes mais profundos pode ser atribuída à água que infiltra em seus horizontes superiores.

Os Cambissolos compreendem solos com características minerais, apresentam um horizonte B incipiente subjacente a qualquer horizonte superficial. Devido à heterogeneidade do material de origem ou da condição local onde se desenvolveu estes solos apresentam grandes variações. Assim sendo, estes solos podem ser muito bem drenados ou mal drenados de profundidades variáveis e colorações também variáveis. Em seu horizonte B incipiente podemos perceber uma

textura mais argilosa ou arenosa, mas de maneira geral a catena apresenta valores uniformes de argila (EMBRAPA, 2013).

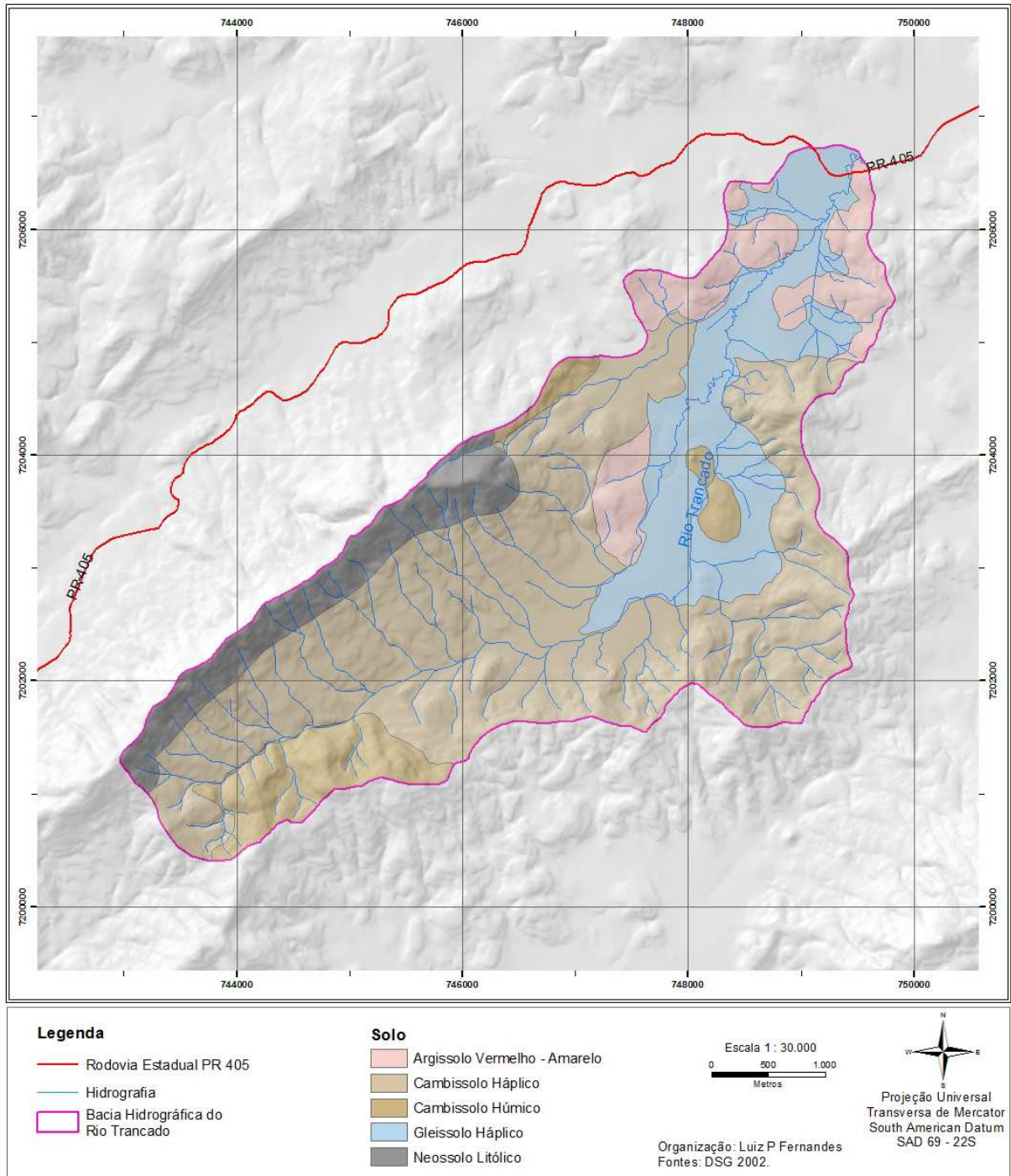


Figura 5: Mapa pedológico da bacia do rio Trancado

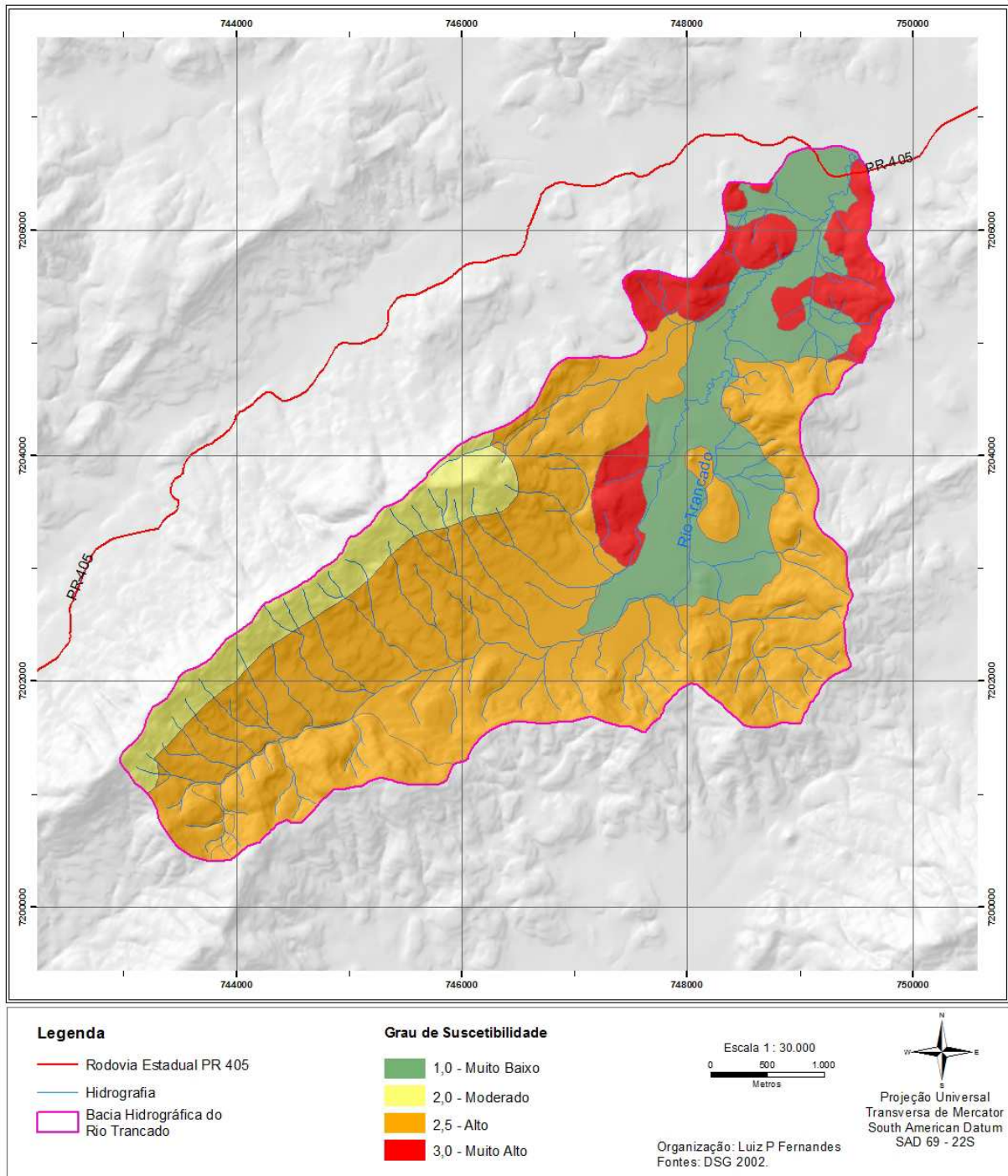


Figura 6: Grau de susceptibilidade pedológica

Parte da porção da bacia hidrográfica apresenta solos hidromórficos, exclusivamente Gleissolos, sendo esta classe característica de áreas úmidas saturadas por água, por longos períodos de tempo. Estes solos apresentam horizonte glei em uma profundidade de até 150 cm a partir da superfície e são constituídos basicamente por material mineral.

Os Neossolos são caracterizados por pouca ou nenhuma presença de horizontes pedogenéticos superficiais, horizonte com menos de 20 cm e ausência de horizonte B (LEPSCH, 2011). Os mesmos são formados em materiais inertes e com ausência de argilas em sua composição e bem resistentes aos intemperismo. Por se tratar de um solo jovem os processos de pedogênese ainda não atuaram de maneira a proporcionar a estruturação de um horizonte B o que garante grande semelhança entre o material de origem e o substrato (EMBRAPA, 2013; LEPSCH, 2011).

3.5 Geomorfologia

O relevo é um dos fatores determinantes do processo de pedogênese, proporcionando em áreas pequenas drásticas alterações ao solo em comparação com aquelas originadas somente através de fatores naturais como o clima por exemplo. Dentre todos os fatores que influenciam pode-se destacar o regime pluviométrico ao qual determinada área é submetida.

Desconsiderando-se os processos originados pela orografia, as chuvas precipitam-se de maneira uniforme em bacias hidrográficas não muito grandes, mas sua distribuição pela sua superfície sofre influência do relevo facilitando assim, diferentes processos de intemperismo dentro de uma mesma área.

A dinâmica da movimentação da água em diferentes classes de relevo favorece de maneira diferenciada a pedogênese e a erosão. Relevos mais acentuados favorecem a maiores velocidades de escoamento de água superficial e a remoção do material. Relevos mais amenos proporcionam menores velocidades de escoamento da água mantendo-os assim mais tempo encharcados e proporcionam menor capacidade de transporte de sedimentos.

3.6 Hipsometria

A bacia hidrográfica do rio Trancado apresenta amplitude altimétrica de 502 metros em relação ao nível do mar, tendo como cota mínima 10 metros e ponto mais elevado 512 metros.

Através das constatações de campo foi possível observar a existência de solos hidromórficos, Gleissolos especialmente, em áreas com altitudes inferiores a 18,5 metros acima do nível do mar (Figura 7). Solos mais evoluídos, como por exemplo, Argissolos, puderam ser observados nas porções mais baixas das encostas assim como em sua porção mais elevada observou-se solos com menor grau de desenvolvimento.

3.7 Declividade

O estudo da declividade permite observar a distribuição das inclinações no relevo, sendo esta importante para determinar o uso e ocupação adequados para uma área, bem como o fluxo da água na superfície e seus decorrentes processos erosivos e perda de materiais para o sistema de drenagem local (MENDONÇA, 1999 *apud* PAULA, 2010). O mapa de declividade pode ser observado nas Figura 8 e Figura 9 bem como sua quantificação na Tabela 9.

As vertentes com maior declividade proporcionam maiores velocidades de escoamento de água, favorecendo assim a remoção do material de superfície e conseqüentemente solos com horizontes pouco expressivos irão formar-se. Quando a velocidade de remoção do solo for inferior a de sua deposição ou ao processo de pedogênese solos com horizontes mais desenvolvidos terão origem.

Sendo assim, a inclinação do terreno favorece a perda de material sendo as áreas com gradientes maiores de inclinação mais propícias a processos erosivos. A bacia hidrográfica do rio Trancado apresenta em sua totalidade áreas com predominância de declividades superiores a 45%.

Tabela 9: Declividade da bacia do rio Trancado

Declividade	Peso	Área (ha)	%
< 5	1,0	405,84	21,6
5 - 12	1,5	278,96	14,8
12 - 30	2,0	295,85	15,7
30 - 47	2,5	568,47	30,2
> 47	3,0	332,37	17,7
Total		1.881,49	100

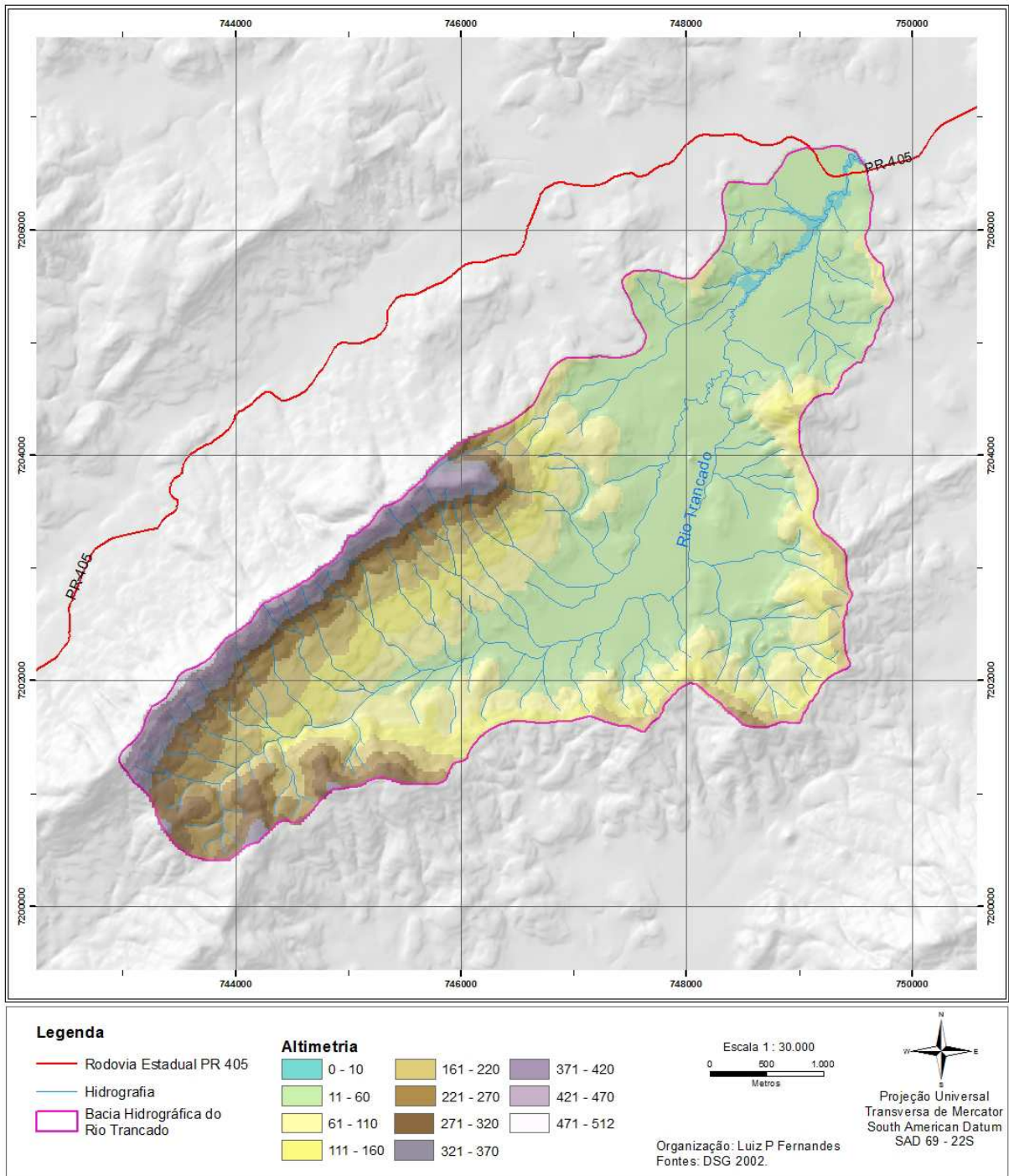


Figura 7: Mapa hipsométrico da bacia do rio Trancado

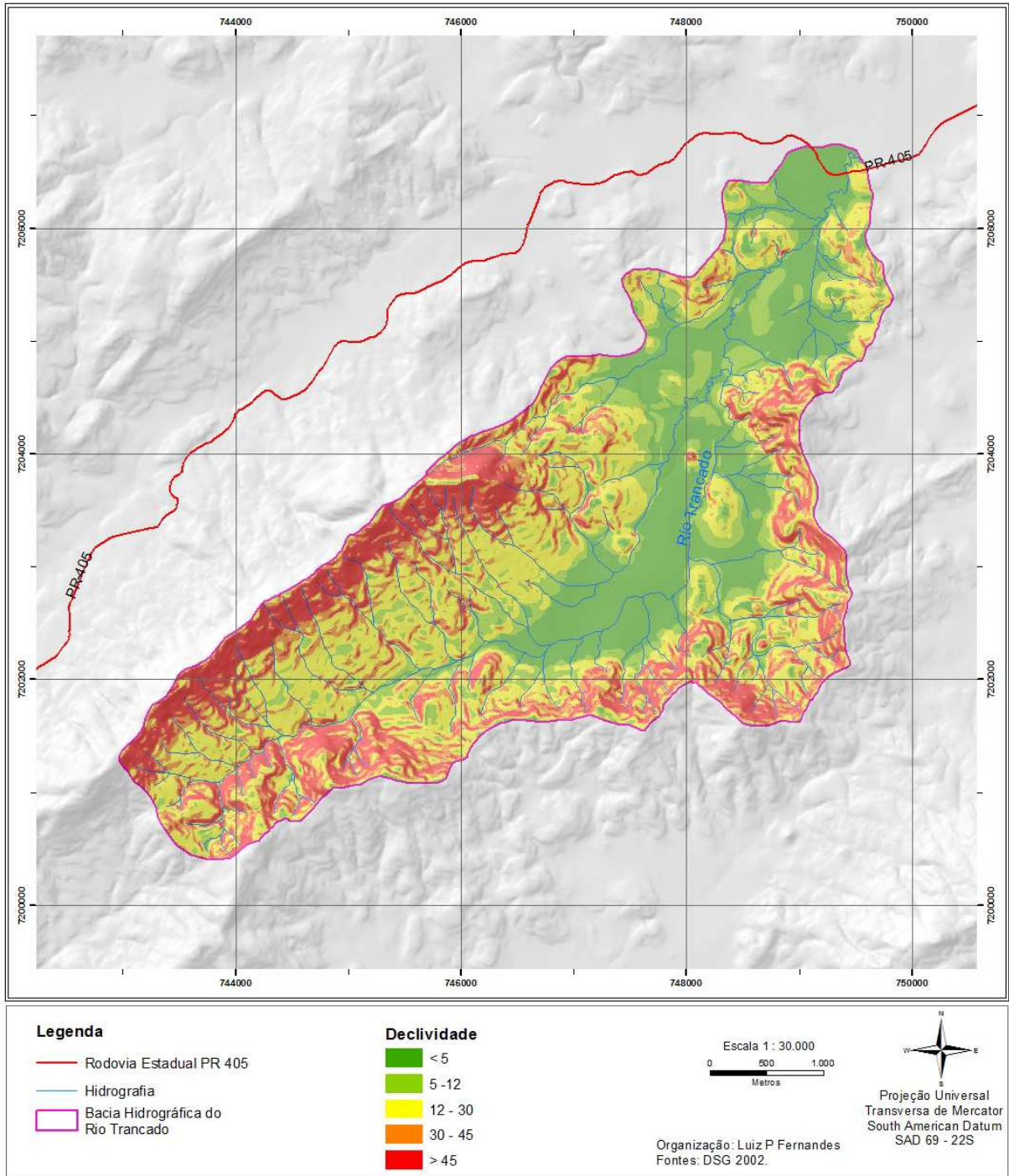


Figura 8: Mapa de declividade da bacia do rio Trancado

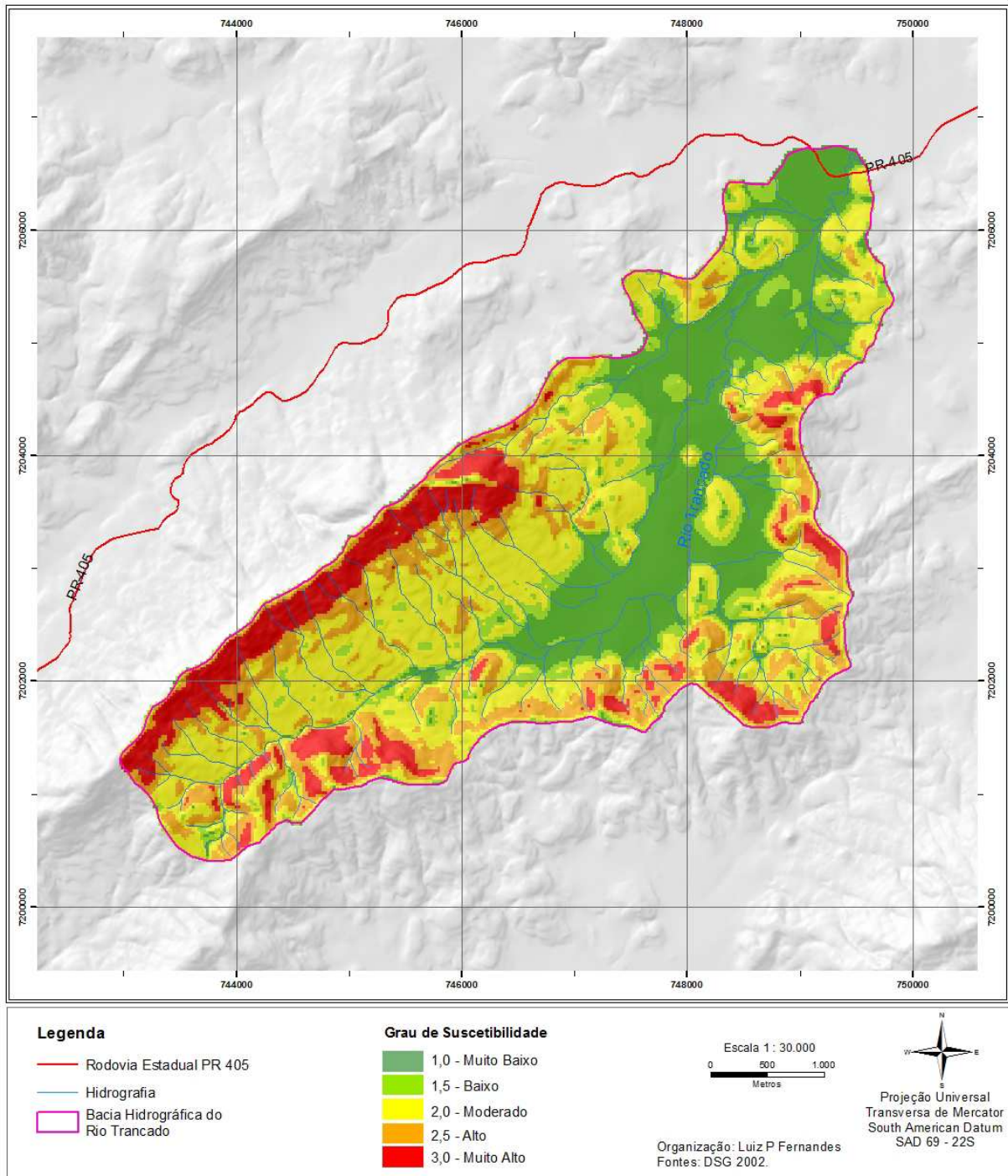


Figura 9: Grau de susceptibilidade da declividade da bacia do rio Trancado

3.8 Forma de vertentes

O conceito de vertente foi cunhado por Dylík (1968), sendo genericamente entendida como “toda superfície terrestre inclinada, muito extensa ou distintamente limitada, subordinada às leis gerais da gravidade”. Sendo assim, o estudo das formas das vertentes permite o entendimento dos processos evolutivos, aos quais

uma área está sujeita e por sistematizar as formas do relevo sendo estas naturais ou antropizadas (CASSETI, 2007).

Segundo Bigarella (2003) descreve a vertente como uma estrutura tridimensional modelada por processos erosivos nela atuantes. Portanto, as vertentes podem ser classificadas sob o formato em que se apresentam como plano e perfil. O perfil de curvatura refere-se à sua estrutura vertical e pode ser classificado como côncavo, convexo ou retilíneo. Já o plano de curvatura se refere ao seu plano horizontal e é dividido em convergente e divergente de acordo com o apresentado na Figura 11 (SILVEIRA, 2010).

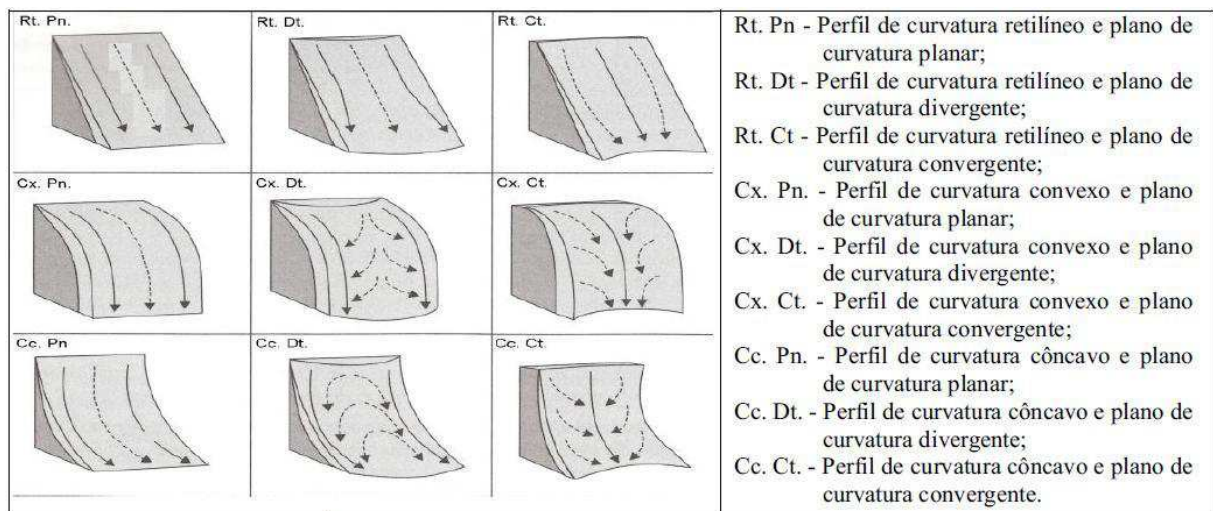


Figura 10: Fluxo da água no plano de curvatura e fluxo da água no perfil da curvatura.
Fonte: Silveira (2010), adaptado de Hugget (1975)

A curvatura rege o comportamento do fluxo hídrico sobre ela incidente aumentando ou diminuindo seu potencial erosivo em função das características divergentes ou convergentes das vertentes.

As vertentes convexo-divergentes apresentarem um comportamento difuso no escoamento da água, sem concentração de fluxos, não sofrem grandes pressões estando assim menos suscetíveis a processos erosivos. Em contra partida, os segmentos côncavos-convergentes propiciam a convergência do fluxo hídrico facilitando a ação dos processos erosivos.

As vertentes plano retilíneas por sua vez, não apresentam dispersão ou concentração no fluxo hídrico possibilitando um escoamento superficial contínuo.

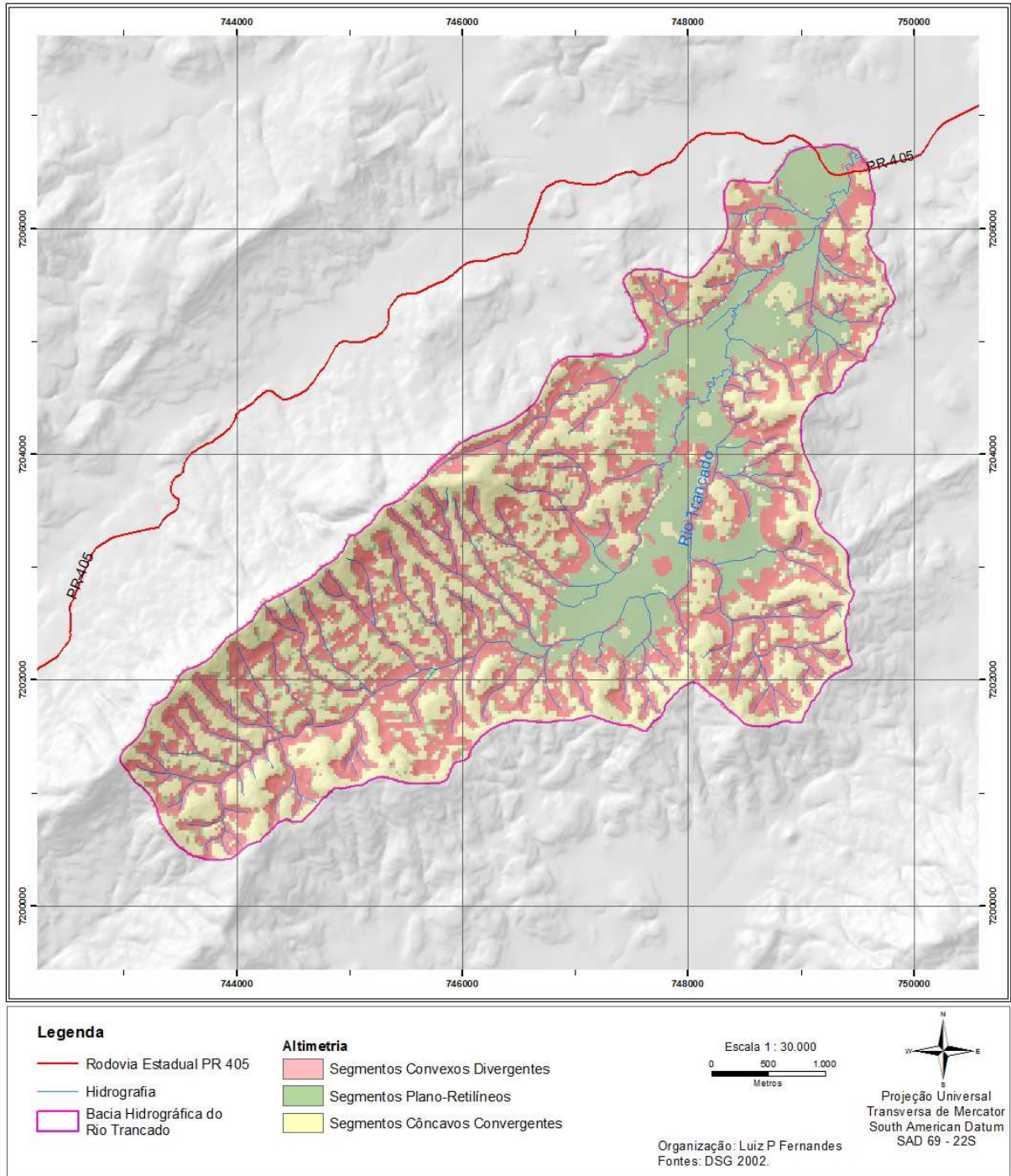


Figura 11: Forma de vertentes da bacia hidrográfica do rio Trancado

Tabela 10: Forma de vertentes na bacia do rio Trancado

Vertente	Área (ha)	Peso	%
Convexa Divergente	266,81	2,0	14,2
Plano Retilínea	1.241,78	1,0	66,0
Côncava Convergente	372,90	3,0	19,8
Total	1.881,49		100

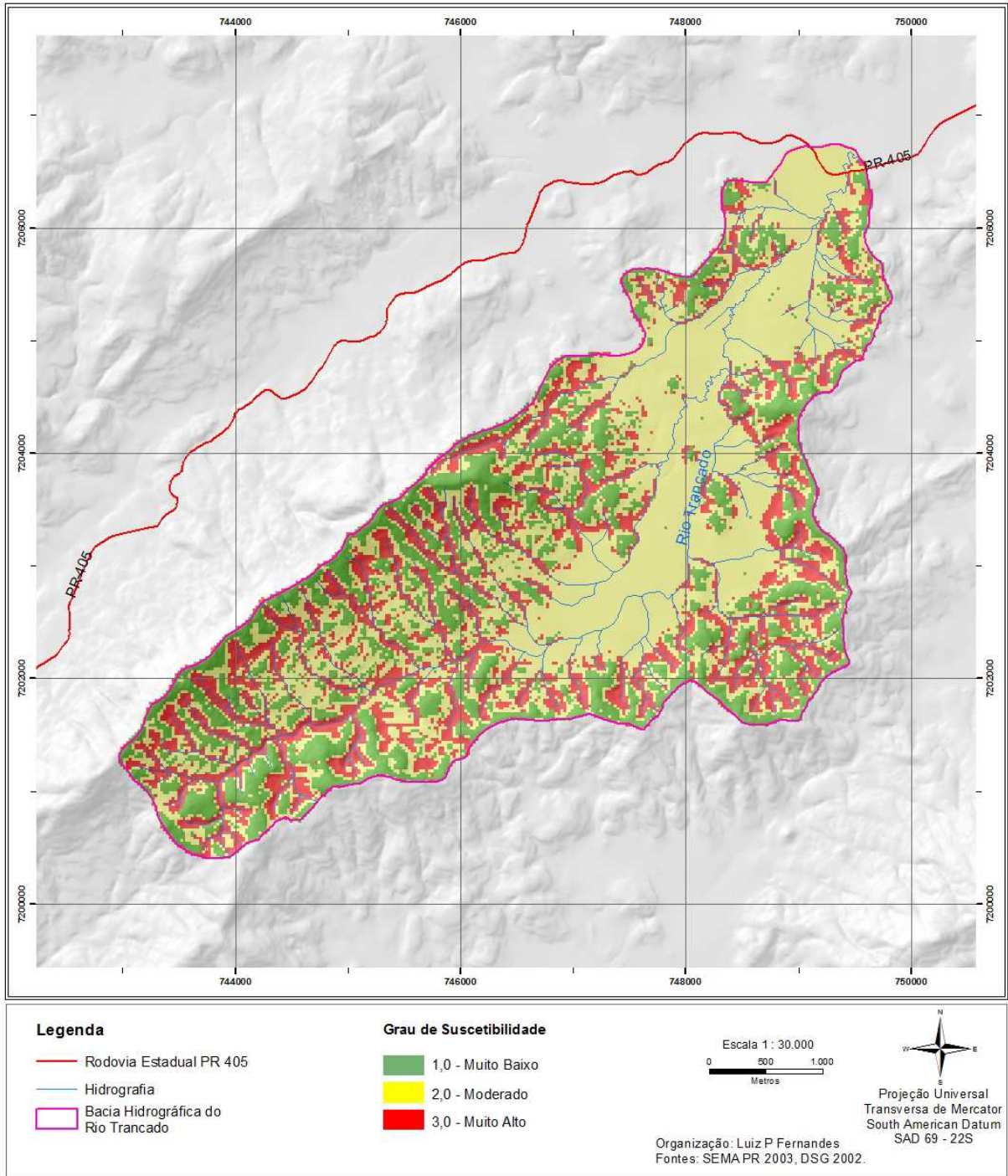


Figura 12: Grau de suscetibilidade das vertentes

4 Suscetibilidade geopedológica à produção de sedimentos

Com a elaboração da carta de suscetibilidade geopedológica à produção de sedimentos evidenciou-se o predomínio da classe moderada suscetibilidade que recobre aproximadamente 40% da área de drenagem do rio Trancado como pode ser observado na Tabela 11 e na Figura 13. E apresenta-se concentrada nas regiões de planície onde encontramos grande concentração de Gleissolos associados a sedimentos recentes.

Tabela 11: Suscetibilidade geopedológica

Suscetibilidade	Área (ha)	%
Muito Baixa	65,34	3
Baixa	99,86	5
Moderada	736,53	39
Alta	462,78	25
Muito Alta	516,99	27
Total	1.881,49	100

A segunda classe de suscetibilidade mais expressiva no mapeamento, classe muito alta, compreende uma área equivalente a 27% da área da bacia hidrográfica. Pode-se relacionar esta propensão à associação de rochas de baixo grau de coesão, declividades acentuadas e a Cambissolos e Argissolos.

A classe alta de suscetibilidade geopedológica à produção de sedimentos recobre uma área equivalente a aproximadamente 25% da área de drenagem e está associada principalmente a rochas com baixa coesão. O substrato pedológico mais representativo nesta classe é o Cambissolo e encontra-se associado a declividades superiores a 45°.

Ao observar o mapeamento fica evidente a alta suscetibilidade geopedológica nas áreas com declividades acentuadas e substrato composto por Argissolos e Cambissolos.

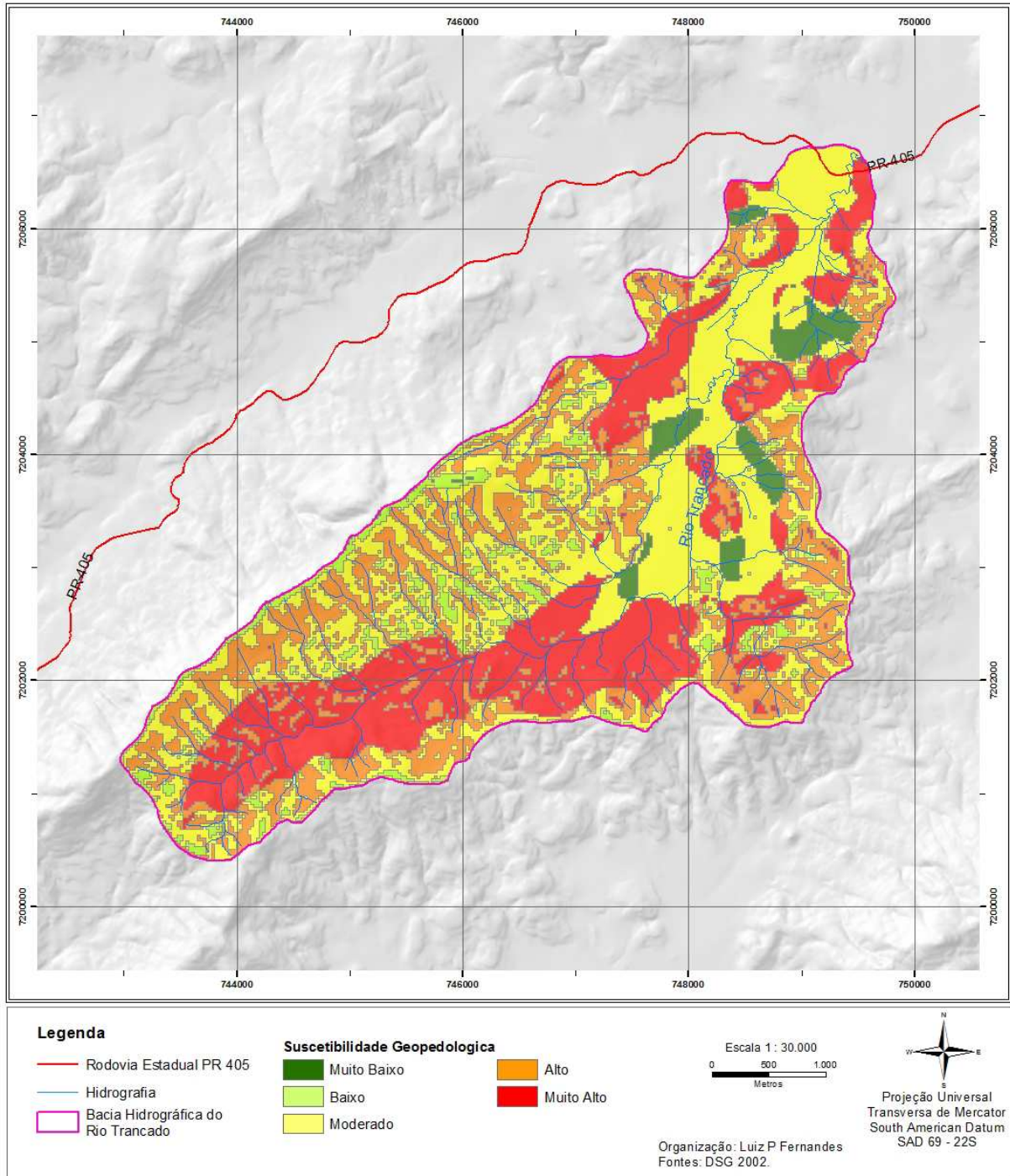


Figura 13: Suscetibilidade geopedológica à produção de sedimentos

4.1 Uso do solo atual

Conforme citado anteriormente o mapa de uso do solo da bacia do rio Trancado foi elaborado a partir da interpretação de imagens de satélite e

mapeamento em escala 1:25.000. As classes existentes encontram-se descritas na Tabela 12 e representadas na Figura 14.

Tabela 12: Cobertura vegetal e uso da terra na bacia do rio Trancado

Uso	Área (ha)	%
Vegetação Ombrófila Densa Submontana	1.302,86	69,2
Campo e Pastagens	298,89	15,9
Vegetação Secundária em estágio Inicial de sucessão	108,24	5,8
Rizicultura	127,37	6,8
Estradas	37,83	2,0
Cultura Permanente	6,30	0,3
Total	1881,49	100,0

As áreas vegetadas compreendem aproximadamente 75% da área total da bacia do rio Trancado e são encontradas principalmente nas porções mais declivosas da bacia. Estas regiões não são grandes fontes de produção de sedimentos, visto o elevado grau de proteção que apresentam decorrente da cobertura vegetal que apresentam em especial às áreas de vegetação inicial. A cobertura vegetal das áreas florestadas pode ser observada nas Figura 15B, E.

A bacia não apresenta grandes extensões de solo exposto ou afloramentos rochosos. As únicas áreas porções significativas com solo exposto estão presentes nas áreas de estradas e acessos que compreendem apenas 2% da área mapeada e pode ser observado na Figura 15D.

As porções mais baixas da bacia que compreendem a planície de inundação, hoje se encontram fortemente antropizadas com a cobertura de campos e pastagens 15,9% e em menor proporção rizicultura 6,8%. Anteriormente a atividade predominante desta região era o pastoreio de bubalinos, ainda presente, mas, em menor proporção Figura 15B,C,E.

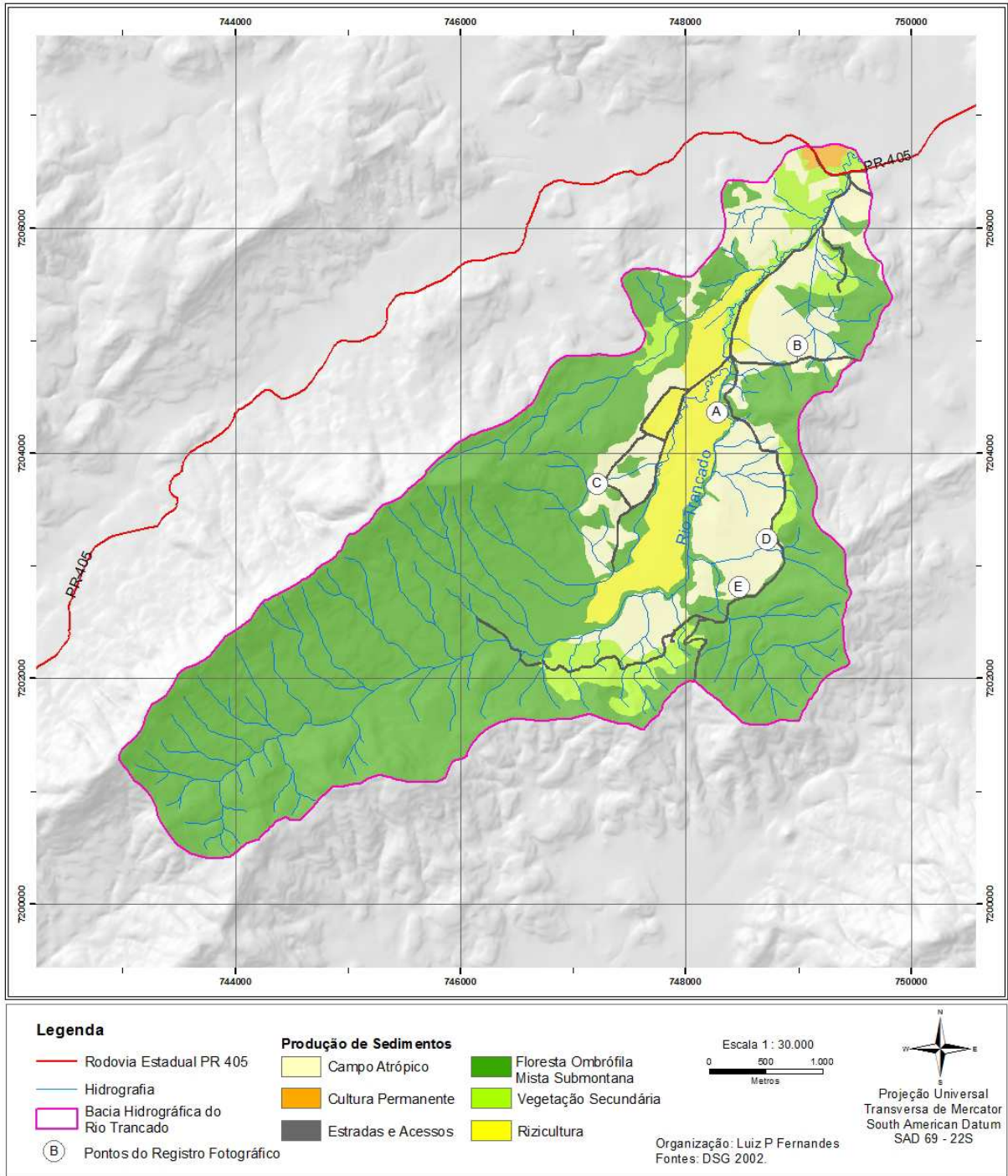


Figura 14: Mapa de cobertura vegetal e uso da terra na bacia do rio Trancado



Figura 15: Características dos pontos citados

- A) Fotografia demonstrando área de erosão em região de campos; B) Fotografia demonstrando áreas de campo com a presença de búfalos; C) Fotografia demonstrando erosão em área de Argissolos; D) Fotografia demonstrando o aspecto geral das estradas da região; E) Fotografia demonstrando a vegetação arbórea e início de processo de ravinamento.

4.2 Estimativa de produção de sedimentos para o uso do solo atual

O cálculo da estimativa da produção de sedimentos referente ao uso do solo do ano de 2014 pode ser observado na Tabela 13 e na Figura 16.

Tabela 13: Produção de sedimentos para a bacia do rio Trancado

Suscetibilidade	Produção (t.a⁻¹)
Muito Baixa	16,44
Baixa	338,70
Moderada	294,95
Alta	375,26
Muito Alta	99,78
Total	1.125,14

Pode-se observar que as regiões das nascentes da bacia apresentam os menores valores de produção de sedimentos, bem como as áreas da planície onde ainda é possível encontrar vestígios florestais.

Para as áreas com produção Baixa de sedimentos pode-se observar que estão associadas a regiões com melhor condição de conservação da vegetação e nas áreas de planície onde encontramos a presença de rizicultura.

As áreas que compreendem a produção Moderada de sedimentos estão localizadas em sua grande maioria na planície e na região do exutório do rio Trancado.

Na área de drenagem da bacia hidrográfica do rio Trancado, as áreas que compreendem a classe Alta produção de sedimentos apresentam como substrato rochas pouco coesas associadas com Cambissolos e Argissolos em regiões de declividades superiores a 20°. As áreas com produção Muito Alta estão localizadas basicamente ao longo das vias vicinais.

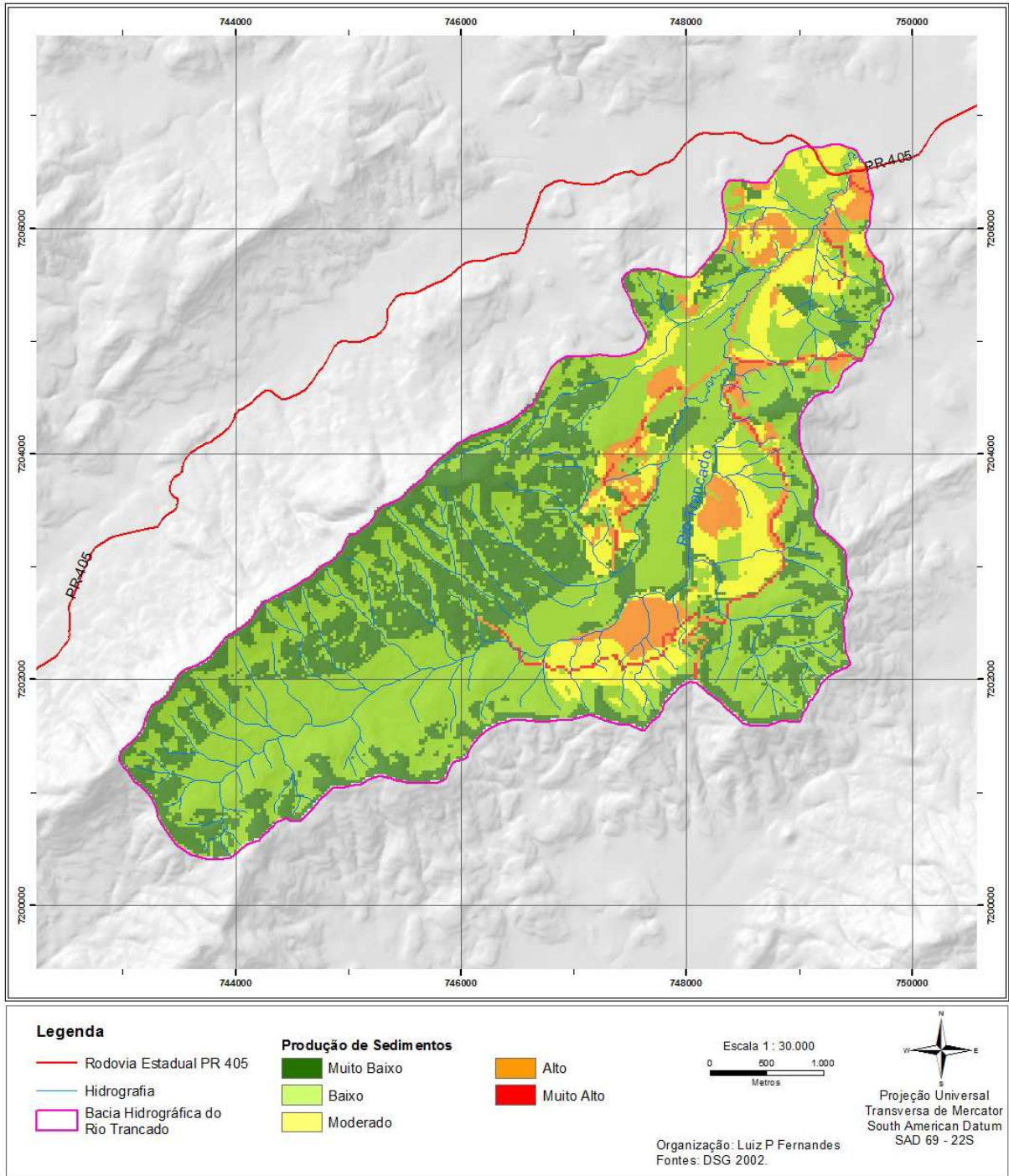


Figura 16: Mapa de estimativa de produção de sedimentos

5 Considerações Finais

A bacia hidrográfica do rio Trancado apresenta uma produção de aproximadamente 1.125 toneladas de sedimentos por ano.

As áreas correspondentes aos altos índices de produção de sedimentos, suscetibilidade Baixa e Moderada, são identificadas nas áreas onde hoje existem campos, estradas e áreas antropizadas associadas à Cambissolos e Argissolos. Destas áreas os maiores volumes de produção média, com suscetibilidade Alta, ficam a cargo das áreas onde existem campos e pastagens, com a produção de sedimentos de aproximadamente 375 toneladas ao ano.

Atualmente as áreas onde se encontram campos e pastagens, no passado apresentavam como uso comum o pastoreio de bubalinos. Tal prática foi bastante difundida no município de Guaraqueçaba, hoje ainda presente porém em menores proporções (Figura 10B).

As porções da bacia onde a ocupação se desenvolveu sobre Argissolos, exibem alto índice de produção de sedimentos. Visto que este apresenta tendência natural à erosão em virtude da diferença textural entre os horizontes A e B, tendência esta amplificada com a influência de maiores índices de declividade (Figura 10C).

Em sua região montante pode ser encontrado o fragmento mais significativo de vegetação e também com o melhor estado de conservação. Podem ser encontrados vários fragmentos de vegetação secundária e grandes extensões contínuas de áreas alagadas com campos de arroz distribuído na região da planície. Segundo Crepani *et al.* (2010) estas características proporcionam menores taxas de produção de sedimentos por apresentarem maior cobertura do solo ou pela sua capacidade de retenção de sedimentos, como é o caso da rizicultura.

De modo geral a bacia hidrográfica do rio Trancado apresenta em suas nascentes as melhores condições de conservação de vegetação, os menores índices de produção de sedimentos e poucos processos erosivos.

As porções localizadas na planície detêm as piores condições de preservação apresentando em vários pontos indícios de ravinamento, assim como a total descaracterização do solo em virtude do pisoteio de animais de grande porte.

6 Referências

- ADEMADAN (Associação de Defesa do Meio Ambiente e do Desenvolvimento de Antonina), **RAPPs (Recuperação de áreas degradadas em APPs por meio de adubação verde e plantio de mudas de espécies nativas produzidas em viveiro comunitário na Bacia do Rio Pequeno – Antonina-PR)**, 2012. Disponível em: <<http://rapps.ademadan.org.br/>> Acesso em: 06 mai. 2012.
- BIGARELLA, J. J. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**. v.3. Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.
- CASSETI, V. **Geomorfologia**. Disponível em: <www.funape.org.br/geomorfologia>. Acesso em junho de 2014.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDES FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento Remoto e geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE. 2001.
- CURCIO, G. R.; UHLMANN, A.; SAVEGNANI, L. A geopedologia e a coleta de sementes de espécies arbóreas em florestas fluviais In: MEDEIROS, A. C. S.; VIBRANS, A. C. (Ed.). **Coleta, manejo e armazenamento de sementes de espécies arbóreas da Mata Atlântica**. Blumenau: Universidade Regional de Blumenau, 2006. p.5-28.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S.B.; **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2000. 394 p.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Manual de Técnico de Pedologia**. Série Manuais Técnicos em Geociências. n. 4. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.
- LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.
- LEPSCH, I. F. **19 lições de Pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- MAACK, R. R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 2. ed. Curitiba: Ed. Olympio, 1981.
- MENDONÇA, F.; DANI-OLIVEIRA, I. **Climatologia: Noções Básicas e Climas do Brasil**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2007. 206 p.

MINEROPAR (Minerais do Paraná). **Atlas Geomorfológico do Estado Paraná** – Escala base 1:250.000, modelos reduzidos 1:500.000. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2006.

MUNSELL COLOR COMPANY. **Munsell soil color charts**, 2000.

PAULA, E. V. **Análise da Produção de Sedimentos na Área de Drenagem da Baía de Antonina/PR uma abordagem geopedológica**. Curitiba, 2010, 158 f. Tese (Doutorado em Geografia). Departamento de Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Programa Floresta Atlântica. **Mapeamento da Floresta Atlântica do Estado do Paraná**. Curitiba: SEMA. Relatório Final. 2002. CD-ROM.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Programa Floresta Atlântica. **Mapeamento geológico da região de ocorrência da Floresta Atlântica no Paraná**. Curitiba: SEMA / MINEROPAR. 2003. CD-ROM.

SILVEIRA, C. T. **Análise digital do relevo na predição de unidades preliminares de mapeamento de solos: Integração de atributos topográficos em Sistemas de Informações Geográficas e redes neurais artificiais**. Curitiba, 2010, 153 f. Tese (Doutorado em Geografia). Departamento de Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M. C. M.; TAIOLI, F.; **Decifrando a Terra**. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional. 2009.

7 Apêndice

Apêndice 1: Resultados das análises de laboratório.....	30
---	----

Apêndice 1: Resultados das análises de laboratório

ID	PH		Al ⁺³	H ⁺ +Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	DB	T	P	S	C	V	m	Ca/Mg	Argila kg ⁻¹	Silte kg ⁻¹	Areia Total kg ⁻¹	Areia Grossa kg ⁻¹	Areia Fina kg ⁻¹	Textura
	CaCl ₂	SMP	cmol _c /dm ³									mg/dm ³	g/dm ³	%							
1	3,5	4,8	3,2	12,1	0,6	0,5	0,1	1,2	13,3	1,1	-	29,6	9	73	1,2	375	175	450	380	70	Argiloarenosa
2	3,5	4,7	3,9	13,1	0,3	0,2	0,05	0,55	13,65	1,2	-	13,3	4	88	1,5	513	138	350	295	55	Argila
3	3,9	5,1	0,9	11,1	2,5	1,9	0,27	4,67	15,77	2	-	98,5	30	16	1,32	375	88	538	442	95	Argiloarenosa
4	4	6	1,3	5	0,4	0,2	0,03	0,63	5,63	2	-	4,2	11	67	11	550	75	375	309	66	Argila
5	3,7	5,5	2,1	7,2	0,4	0,3	0,03	0,73	7,93	1,4	-	15,3	9	74	1,33	450	63	488	420	68	Argiloarenosa
6	3,8	5,8	1,3	5,8	0,7	4	0,05	4,75	10,55	1,1	-	26,4	45	21	0,18	200	138	663	484	179	Franco-argiloarenosa
7	3,7	4,9	4,3	11,3	0,4	0,2	0,02	0,62	11,92	1,3	-	6	5	87	2	750	163	88	62	26	Muito Argilosa
8	3,6	5,3	3,1	8,4	0,6	0,3	0,03	0,93	9,33	0,5	-	11,5	10	77	2	350	138	513	389	123	Franco-argiloarenosa
9	3,6	5,4	2,2	7,8	0,5	0,3	0,03	0,83	9,63	0,9	-	19,2	10	73	1,67	400	125	475	373	102	Argiloarenosa
Fran	3,7	5,5	2,7	7,2	0,5	0,4	0,02	0,92	8,12	1,2	-	18,2	11	75	1,25	338	88	575	475	100	Franco-argiloarenosa
11	4,2	5,3	0,6	9,3	2,8	1,8	0,35	4,95	14,25	2,3	-	59,9	35	11	1,56	650	113	238	168	70	Muito Argilosa
Muit	4	5,4	0,8	7,8	0,6	0,3	0,08	0,98	8,78	2	-	30,7	11	45	2	700	125	175	118	57	Muito Argilosa
13	4,2	5,7	0,6	6,2	0,5	0,2	0,06	0,76	6,96	2,4	-	21,2	11	44	2,5	750	100	150	95	55	Muito Argilosa
14	4,2	5,9	0,4	5,4	0,5	0,2	0,05	0,75	6,15	3,3	-	9,6	12	35	2,5	788	88	125	77	48	Muito Argilosa
15	4,2	6	0,4	5	0,4	0,2	0,4	1	6	3,6	-	6	17	29	2	775	100	125	79	46	Muito Argilosa
16	4,8	6	0,1	5	6,1	2,5	0,09	8,69	13,69	3,4	-	170,3	63	1	2,44	*	*	*	*	*	*
17	4	5,6	1	6,7	3,5	1,5	0,06	5,06	11,76	1,2	-	72,6	43	17	2,33	425	150	425	336	89	Argila