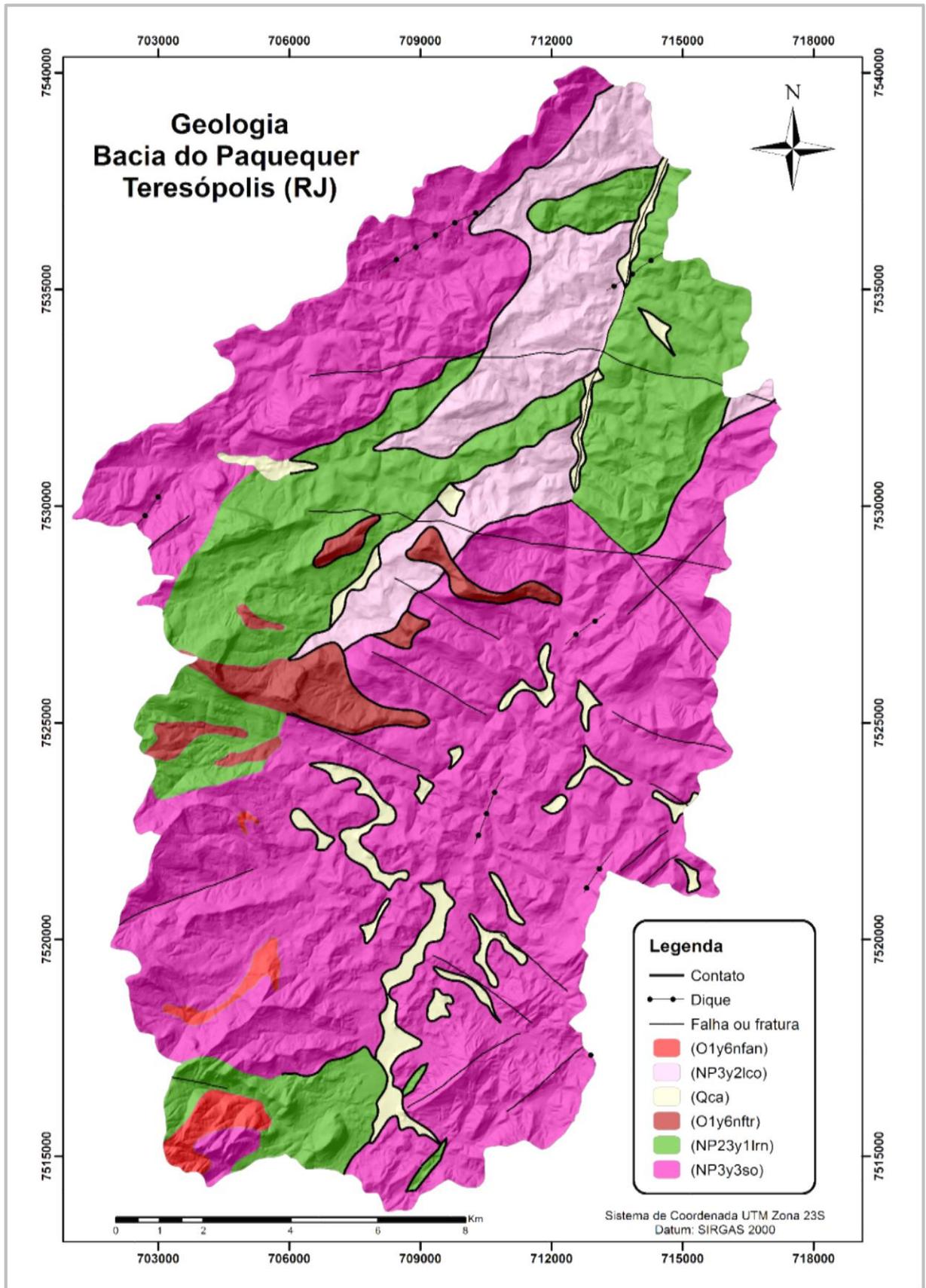


4.3.2.1 Mapa de Geologia

Segundo Bigarella et al. (2003) as propriedades dos solos superficiais e subsuperficiais e a composição litológica subjacente influem nos processos de movimentos de massa, tanto como fator desencadeante, como sendo o próprio material envolvido, de acordo com a composição física e química dos diferentes tipos de rochas e seus respectivos mecanismos.

Neste sentido, foi gerado o mapa de geologia da referida área de estudo, classificado segundo os critérios propostos por Valladares et al. (2012) & Tupinambá et al. (2012). Dessa forma, foram apresentados falhas, diques e contatos distribuídos ao longo da Bacia, juntamente com as unidades litológicas. Estas, foram divididas em seis unidades distintas, descritas como: Granito Andorinha e Granito Teresópolis (Suíte Nova Friburgo), Suíte Serra dos Órgãos, Complexo Rio Negro, Suíte Cordeiro e Depósitos Colúvio-Aluvionares (Figura 25):

Figura 25 - Mapa de Geologia da área de estudo



Fonte: A autora, 2015, com base em VALLADARES et al., 2012 & TUPINAMBÁ et al., 2012.

A distribuição de classes de litologia demonstrada na Tabela 11, indica que a Suíte Serra dos Órgãos ocupa majoritariamente a área da bacia, com cerca de 60% do total. Já o Granito Andorinha, embora esteja presente, corresponde a apenas 1%, aproximadamente.

Tabela 11 - Distribuição de classes de litologia por área

Classes	Área (km ²)	%
(NP23y1lrn) Complexo Rio Negro	57,49	21,36
(NP3y2lco) Suíte Cordeiro	26,52	9,85
(NP3y3so) Suíte Serra dos Órgãos	161,8	60,13
(O1y6nfan) Granito Andorinha	3,37	1,25
(O1y6nfr) Granito Teresópolis	9,42	3,5
(Qca) Depósito Colúvio-Aluvionar	10,5	3,9
TOTAL	269,09	100

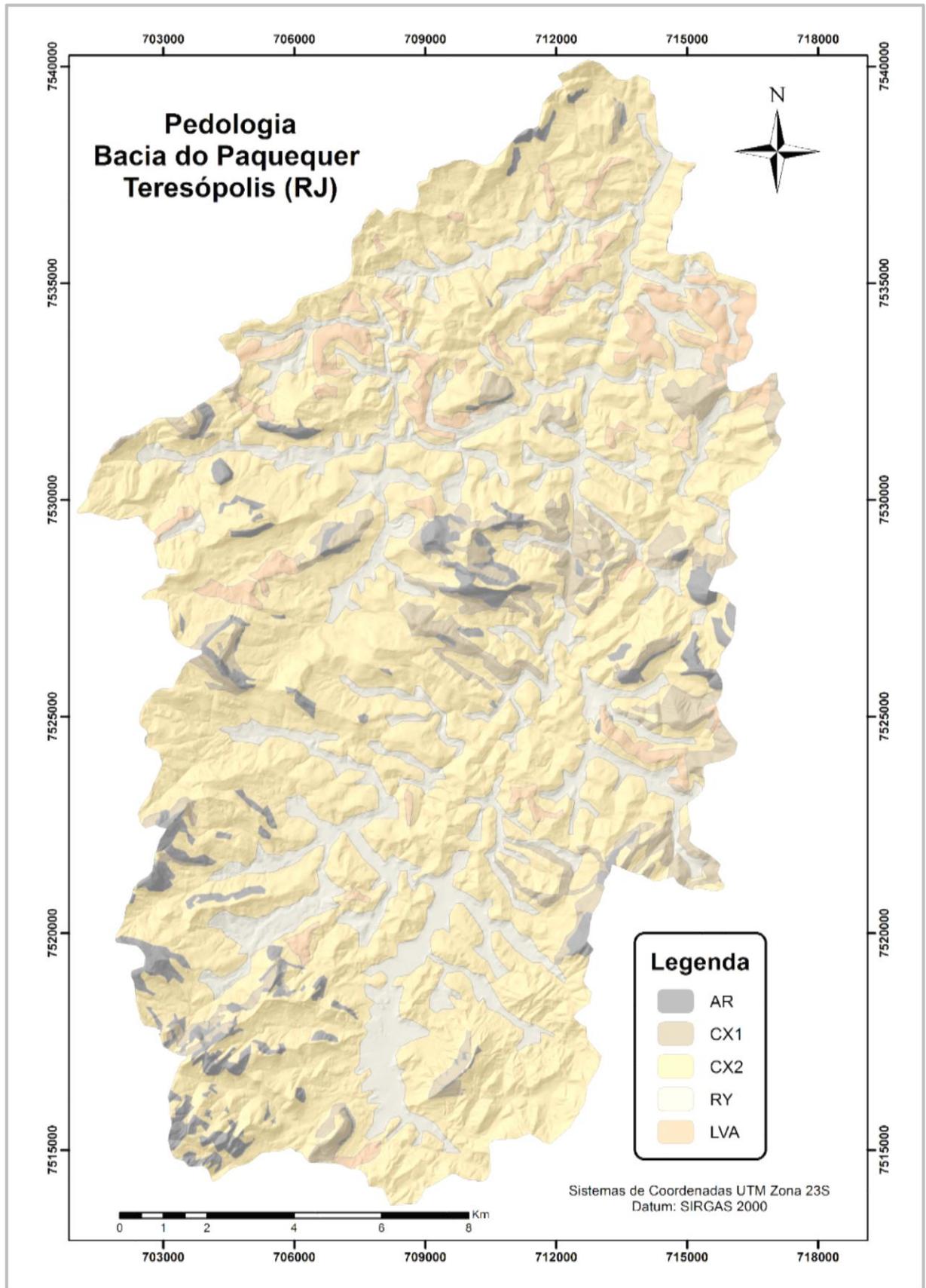
Fonte: A autora, 2015.

4.3.2.2 Mapa de Pedologia

Em decorrência de sua textura, estrutura, permeabilidade e densidade, os solos podem ser diretamente afetados por processos erosivos, onde, atuando individualmente ou em conjunto com fatores como geologia, geomorfologia e chuvas, condicionam eventos como os movimentos de massa (BIGARELLA et al., 1996). Para as regiões mais tropicais, do qual está incluso o presente trabalho, a pequena carga de matéria orgânica, aliada a natureza argilosa impermeável, faz dos solos, fatores mais suscetíveis para a ocorrência destes processos (BIGARELLA et al., 2003).

Assim, como forma de compreender a distribuição dos solos na região, foi gerado o mapa de Pedologia (Figura 26). Este, seguiu critérios de classificação propostos pela EMBRAPA (2007) e IBGE (2007) sendo relacionados ao tipo de relevo e composição, representados por: Afloramentos Rochosos; Cambissolos Háplicos Eutróficos e Neossolos Litólicos associados; Cambissolos Háplicos Eutróficos e Latossolos Vermelho-amarelo Distróficos associados; Neossolos Flúvicos e Latossolos Vermelho-amarelo Distróficos e Cambissolos Háplicos Eutróficos associados.

Figura 26 - Mapa Pedológico da área de estudo



Fonte: A autora, 2015, com base em UERJ/IBGE, 1999.

A Tabela 12, a seguir, indica que entre as classes de pedologia presentes na área, a relacionada ao Cambissolo Háplico Eutrófico e Latossolo Vermelho-amarelo associados (característicos de relevos ondulados a montanhosos), possui predominância na bacia, apresentando cerca de 69% do total. Em contrapartida, a classe que possui menor ocorrência é a de Latossolos Vermelho-amarelos e Cambissolos Háplicos Associados (correspondentes a relevos suave ondulados a ondulados), representando apenas 4% da bacia.

Tabela 12 - Distribuição de classes de pedologia por área

Classes	Área (km ²)	%
(CX1) Cambissolo Háplico Eutrófico + Neossolos litólicos associados	18,38	6,83
(CX2) Cambissolo Háplico Eutrófico + Latossolo Vermelho-amarelo Distrófico associado (relevo ondulado a montanhoso)	184,72	68,65
(AR) Afloramento Rochoso	12,57	4,67
(RY) Neossolo Flúvico	41,06	15,25
(LVA) Latossolo Vermelho-amarelo Distrófico + Cambissolo Háplico Eutrófico associado (relevo suave ondulado a ondulado)	12,36	4,6
TOTAL	269,09	100

Fonte: A autora, 2015.

4.3.2.3 Mapas de Geomorfologia

A geomorfologia da Bacia do Paquequer foi subdividida em duas classes. A primeira refere-se a morfologia do relevo, e a segunda, as formações superficiais que recobrem as rochas. Procurou-se dessa forma, obter uma análise mais detalhada dos papéis das condicionantes geomorfológicas e suas inter-relações no processo de movimentos de massa.

a) Morfologia do relevo

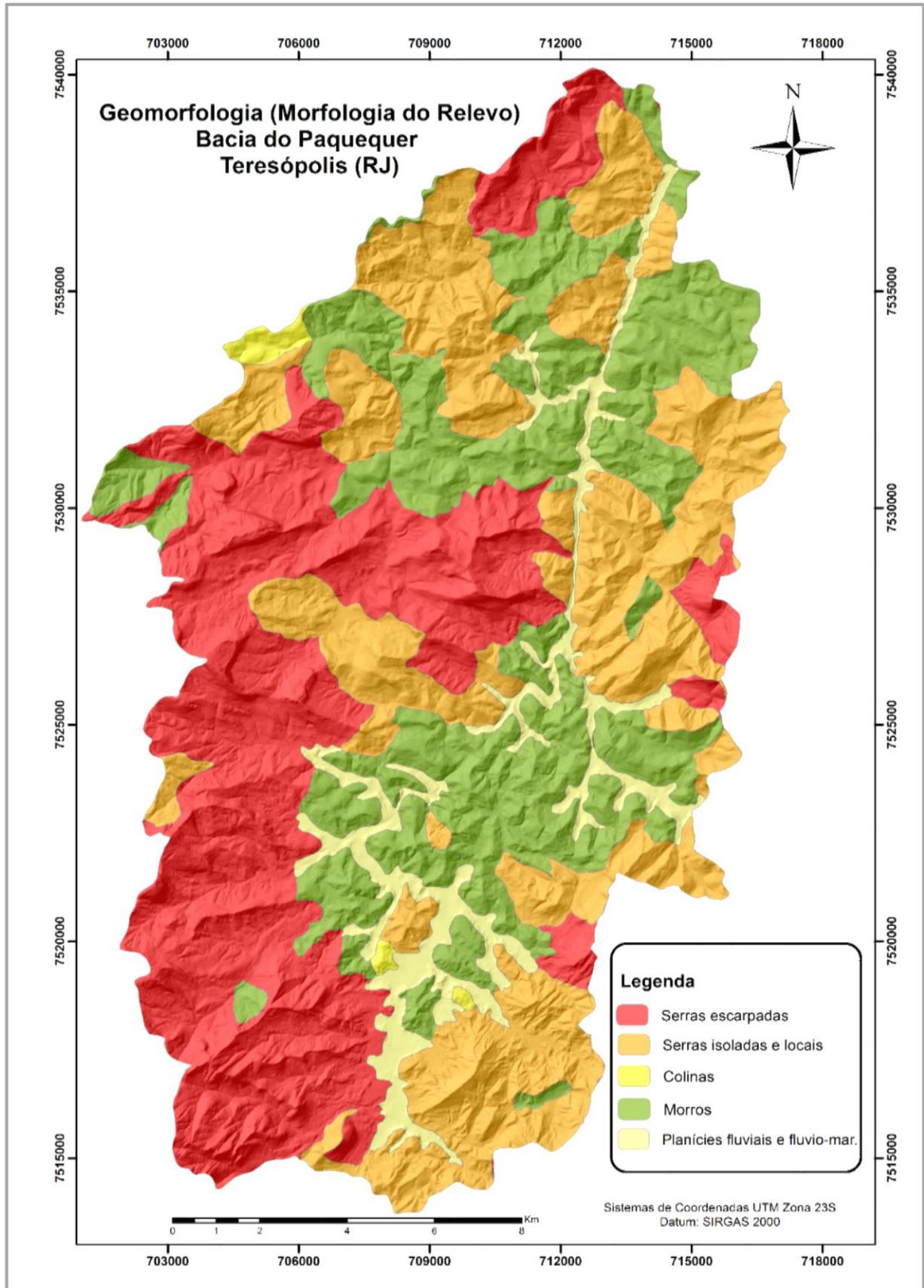
O Mapa de unidades morfológicas do relevo, segue a classificação proposta pelo INEA (2011) (Figura 27), na qual foi atribuída cinco diferentes classes à região a partir da escala 1:100.000. Assim, foram consideradas: Serras Escarpadas; Serras Isoladas e Locais; Colinas; Morros e Planícies Flúvias e Flúvio-Marinhas (Figura 28).

Figura 27 - Características Morfológicas dos compartimentos topográficos na Bacia do Paquequer

Compartimentos Topográficos	Características Morfológicas
Planícies fluviais e flúvio-marinhas	feições de topografia plana - horizontal a sub-horizontal
colinas	feições de colinas de topos suavizados caracterizadas pelo entulhamento de vales e reentrâncias de cabeceiras de drenagem
Morros	feições de colinas convexo-côncavas com encosta íngremes e que podem ocorrer isoladas em meio de planícies fluviais
serras locais e/ou serras reafeiçoadas	elevações isoladas e feições de transição entre compartimentos diferentes
serras escarpadas	encostas escarpadas com topos bem elevados, com mudança abrupta entre os compartimentos

Fonte: Adaptado de CPRM, 2009.

Figura 28 - Mapa de Morfologia do relevo da área de estudo



Fonte: A autora, 2015, com base em INEA, 2011.

Conforme o demonstrado na tabela 13, a classe com maior abrangência na área corresponde às Serras Escarpadas. Estas, representam cerca de 35% do total, com quase 94 km² de área. Em seguida, está a classe representada pelas Serras Isoladas e Locais, com aproximadamente 32% da bacia. No que se refere a menor porção, a classe de Colinas ganha destaque, visto que esta ocupa apenas 0,65 % da localidade, não chegando a 2 km² de área.

Tabela 13 - Distribuição de classes de Morfologia do relevo por área

Classes	Área (km ²)	%
Colinas	1,75	0,65
Morros	71,32	26,5
Planícies fluviais e fluvio-marinhas	17,39	6,46
Serras escarpadas	93,73	34,83
Serras isoladas e locais	84,86	31,53
TOTAL	269,09	100

Fonte: A autora, 2015.

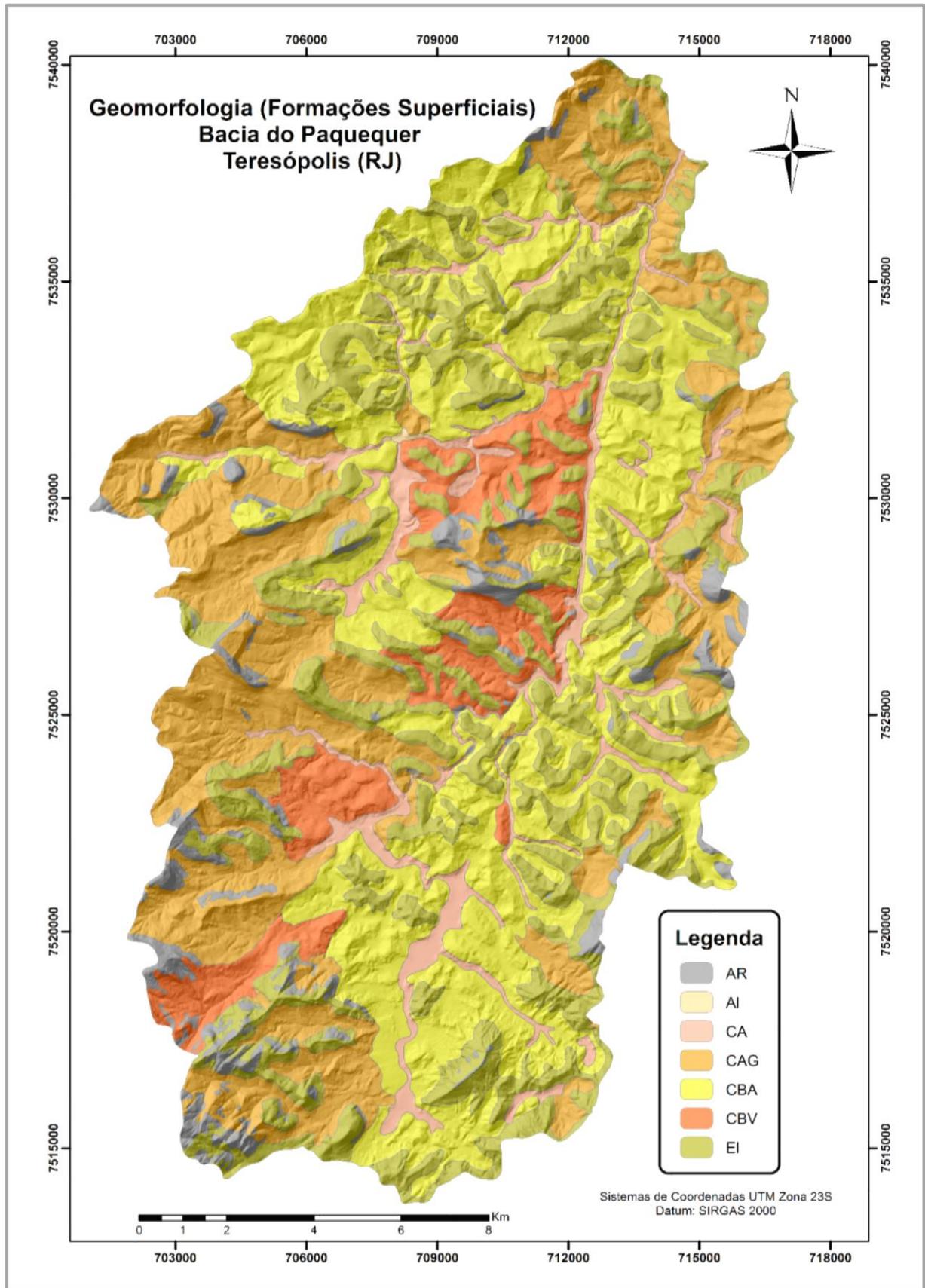
b) Formações Superficiais

As formações superficiais abrangem toda a cobertura de material decomposto que recobre a rocha sã (IBGE, 2009). Podem ser de gênese autóctone, compreendendo os solos residuais e saprólitos intemperizados, ou alóctone, ou seja, foram transportados e depositados no manto de alteração por meio de processos exógenos.

Para Casseti (2005), a formação superficial pode contribuir para os estudos de gestão de território, justamente por poder influenciar nos processos erosivos e de movimentos de massa, visto que, dependendo de sua composição, (rocha x material subjacente), o grau de suscetibilidade irá variar.

Na Bacia do Paquequer, foram obtidos dados relacionados a estas formações, na escala 1:50.000, proveniente do Projeto Teresópolis (UERJ/IBGE, 1999). Estas, foram divididas em sete diferentes classes, apresentadas no mapa (Figura 29).

Figura 29 - Mapa de formações superficiais da área de estudo



Fonte: A autora, 2015, com base em UERJ/IBGE, 1999.

Segundo os dados dispostos na tabela 14, a classe CBA possui predominância na área com aproximadamente 31% do total, seguida da CAG, com 26,93%. Correspondente a menor parcela, a classe AI é a que se destaca, ocupando apenas 0,04% da bacia.

Tabela 14 - Distribuição de classes de Formações Superficiais por área

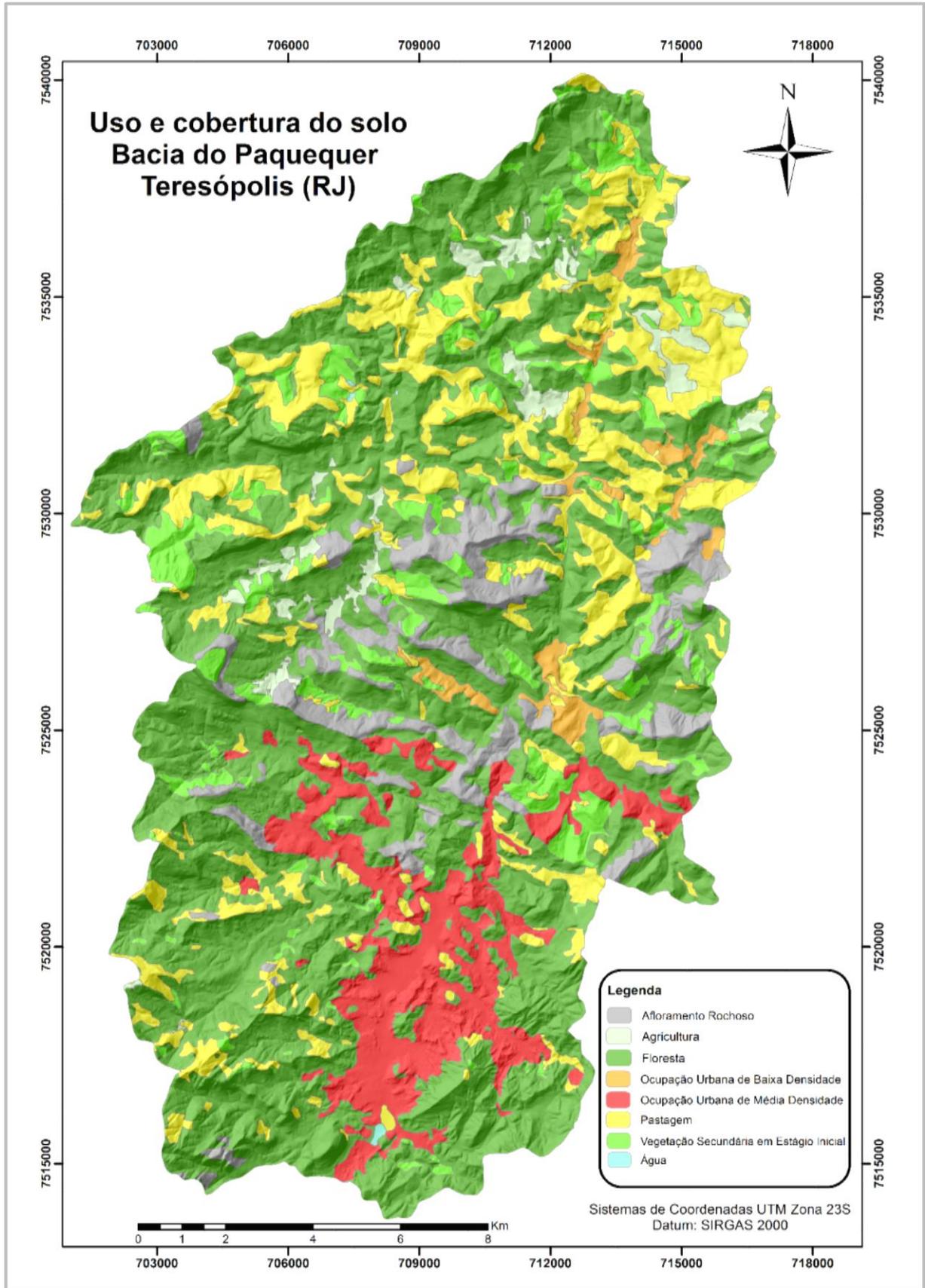
Classes	Área (km ²)	%
AR - Afloramento Rochoso	13,41	4,98
EI - Elúvio	64,62	24,01
CA - Colúvio-alúvio argilo-arenoso	15,71	5,84
CAG - Colúvio rico em blocos de rocha e matriz amarelo-amarronzada areno-argilosa	72,47	26,93
AI - Alúvio-arenoso a areno-argiloso	0,10	0,04
CBA - Colúvio amarelo ocre argilo-arenoso	82,44	30,63
CBV - Colúvio vermelho ferruginizado silto-argiloso	20,29	7,54
TOTAL	269,09	100

Fonte: A autora, 2015.

4.3.2.4 Mapa de Uso e Cobertura do Solo

Os dados de Uso e Cobertura do Solo obtidos pelo INEA (2011), foram classificados de acordo com os critérios propostos pelo Instituto. Assim foram divididos em: Afloramento Rochoso, Agricultura, Floresta, Ocupação Urbana de Baixa Densidade, Ocupação Urbana de Média Densidade, Pastagem, Vegetação Secundária em Estágio Inicial e Água (Figura 30).

Figura 30 - Mapa de Uso e Cobertura do Solo da área de estudo



Fonte: A autora, 2015, com base em INEA, 2011.

Conforme o observado na Tabela 15, a classe pertencente a Floresta corresponde a maior parte da bacia, representando cerca de 55% do total, com uma área próxima a 147 km². A pastagem, que ocupa o segundo lugar, possui aproximadamente 17% da área, indicando que a primeira classe predomina na localidade.

Tabela 5 - Distribuição de classes de Uso e Cobertura do Solo por área

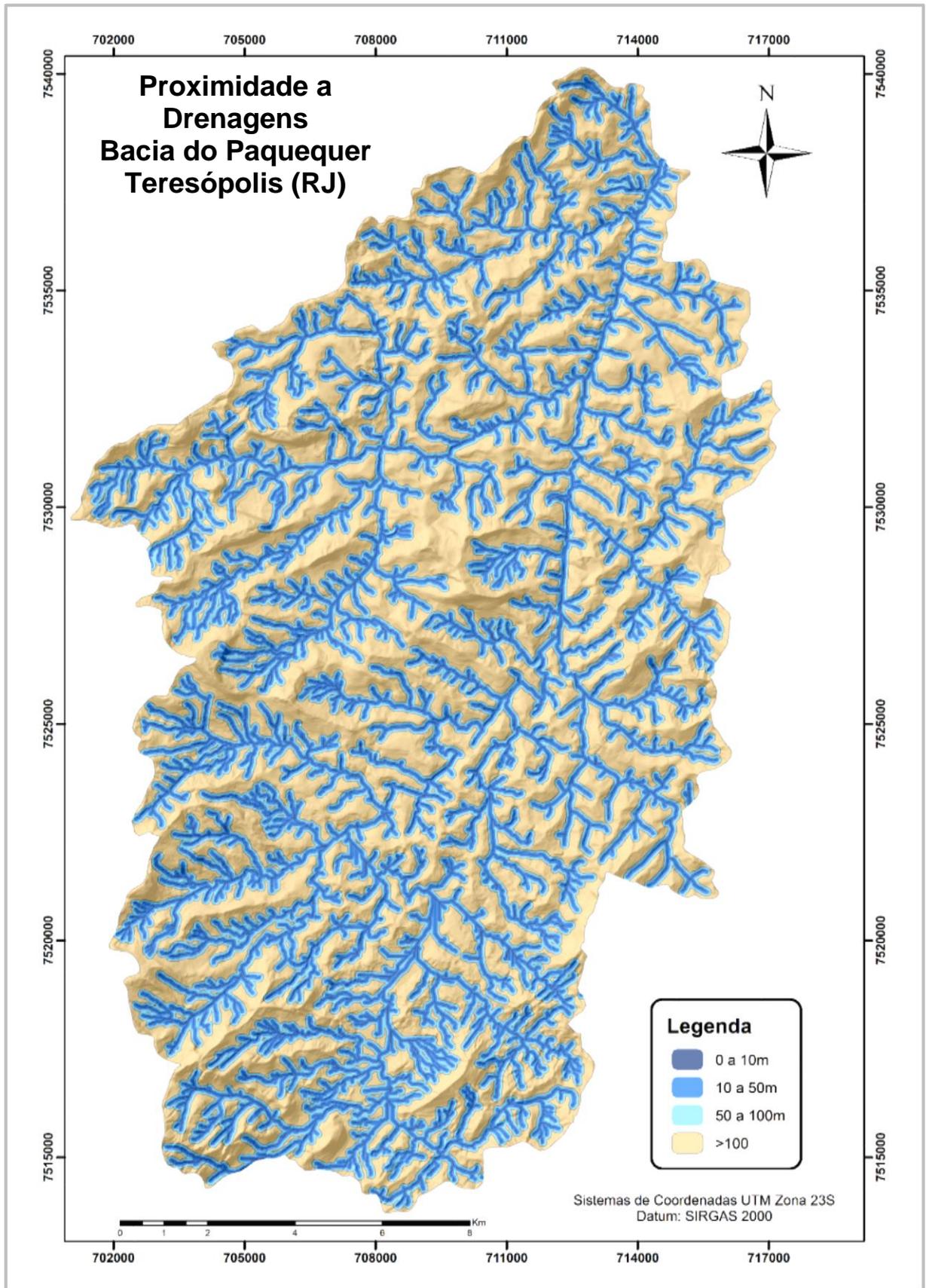
Classes	Área (km ²)	%
Floresta	146,48	54,43
Pastagem	45,31	16,83
Vegetação Secundária em Estágio Inicial	22,15	8,23
Agricultura	6,23	2,31
Ocupação Urbana de Baixa Densidade	4,78	1,77
Água	0,14	0,05
Afloramento Rochoso	19,22	7,14
Ocupação Urbana de Média Densidade	24,73	9,19
TOTAL	269,09	100

Fonte: A autora, 2015.

4.3.2.5 Mapas de Hidrografia e Sistema Viário

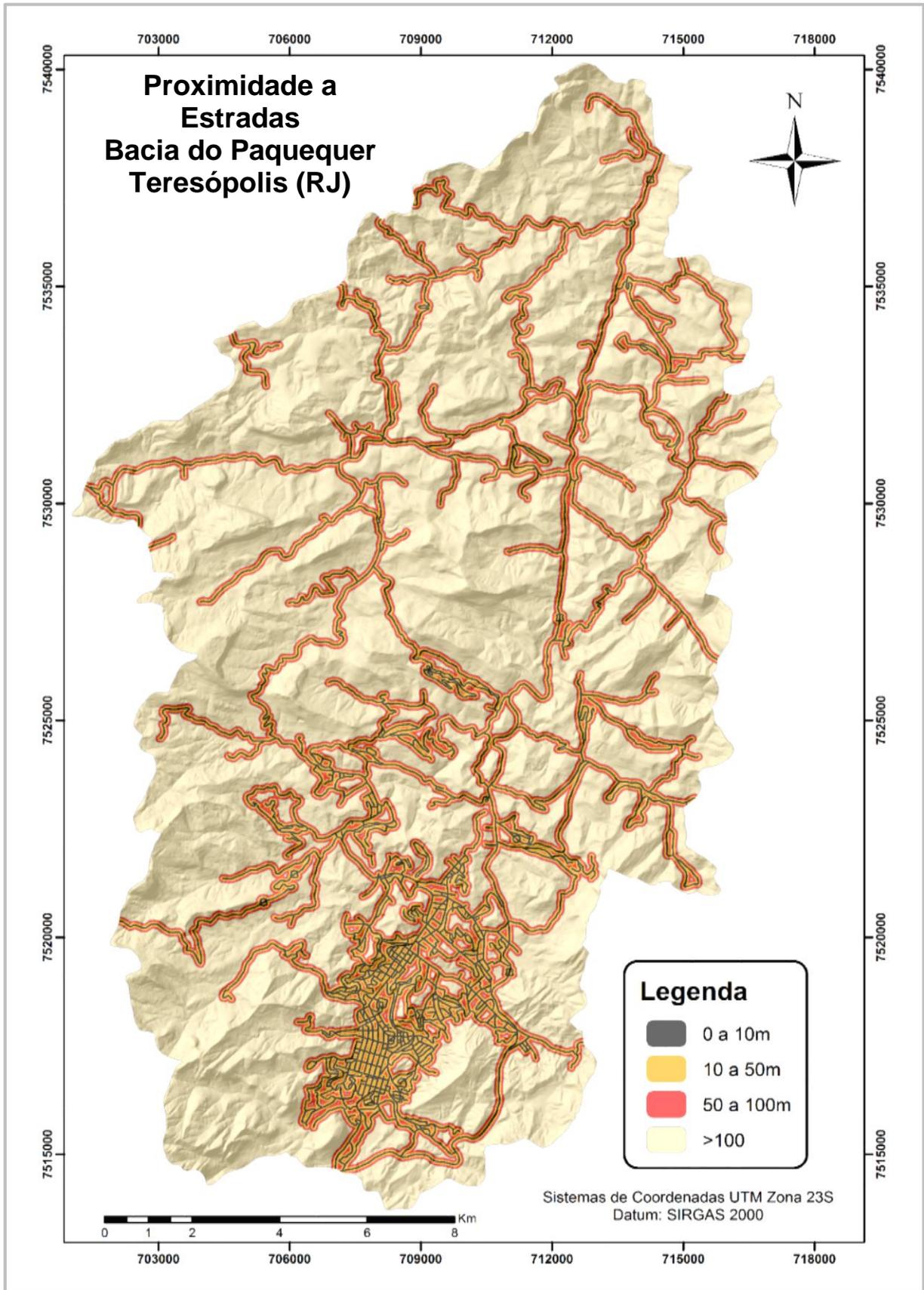
Dai et al., (2002) e Marcelino (2003) afirmam que os mapas de distâncias podem determinar a relação de proximidade de um fenômeno em uma determinada área, tais como as relações entre cicatrizes de movimentos de massa e outros parâmetros geofísicos. Neste sentido, foi gerada a hidrografia, através da ferramenta *Spatial Analyst* (ARCGIS 10.2.2), a partir de dados de altimetria e, posteriormente, foi gerado o mapa de proximidade a drenagens e estradas, por meio do procedimento *Buffer* no mesmo programa, como forma de definir as classes de distância dos respectivos fatores analisados. Foram definidos os intervalos: 0-10 m; 10-50m; 50-100m e maior do que 100m, representados a seguir (Figura 31 e 32):

Figura 31 - Mapa de Proximidade a Drenagens da área de estudo



Fonte: A autora, 2015.

Figura 32 - Mapa de Proximidade a Estradas da área de estudo



Fonte: A autora, 2015.

A tabela 16 indica que as classes entre proximidade a drenagens e estradas relativos a maior que 100 metros, predomina em ambas. Já nas classes relacionadas a proximidade entre 0 e 10 metros, estas, acabam ocupando a menor porção nos dois mapas, correspondendo a 6 e 8%, respectivamente.

Tabela 16 - Classes de Hidrografia e Estrada por área

Hidrografia	Área (km ²)	%	Estrada	Área (km ²)	%
0-10 m	8,54	5,54	0-10 m	7,51	8,03
10-50 m	33,02	21,32	10-50 m	35,25	28,13
50-100 m	40,03	25,85	50-100 m	29,93	25,16
>100 m	187,05	47,29	>100 m	196,04	38,68
TOTAL	269,09	100	TOTAL	269,09	100

Fonte: A autora, 2015.

4.3.3 Criação do Mapa de Suscetibilidade

4.3.3.1 Organização dos Planos de Informação

A partir do banco de dados geográfico que serviu de base para o mapeamento temático, juntamente com os dados de cadastro de movimentos de massa, foram gerados planos de informação no formato matricial (*raster*) georreferenciados, com o mesmo número de linhas e colunas, mesma escala e resolução espacial. Este procedimento fez-se necessário para o desenvolvimento das etapas seguintes.

4.3.3.2 Análise Estatística e espacial

Tabulação Cruzada

Nesta etapa foram geradas uma tabulação cruzada, relacionando os Planos de Informação (PI) dos fatores ao PI inventário, este último gerado a partir de informações sobre as cicatrizes de movimentos de massa, imagens de satélite e cadastro com descrição e localização espacial dos pontos.

4.3.3.3 Análise Multicritério

1) AHP

Visando diminuir a subjetividade no processo de atribuição de pesos aos fatores selecionados como Planos de Informação do presente estudo, e defini-los quantitativamente, foi escolhida a técnica AHP (Analytic Hierarchy Process), desenvolvida por Saaty (1978). Diferentes trabalhos a apontam como a mais adequada no processo de tomada de decisão.

Ferreira (2012), utilizou esta metodologia como forma de auxiliar no processo de ponderação de pesos ao estudar a vulnerabilidade dos recursos hídricos na bacia Guapi-Macacu / RJ.

Augusto Filho & Faria (2013), aplicaram a técnica AHP para estudar áreas de risco a escorregamentos no Município de São Sebastião- SP e concluíram que a técnica, além de diminuir a subjetividade do mapeamento final, melhorou o grau de confiabilidade no processo de tomada de decisão.

2) Média Ponderada

Depois dos pesos serem obtidos através do método AHP, eles foram aplicados à técnica de Média Ponderada. Para a realização do processo, foi utilizada a ferramenta *Raster Calculator*, disponível na extensão Spatial Analyst do ArcGIS 10.2.2.

Dessa forma, é gerado um mapa de suscetibilidade a movimentos de massa e cada pixel representará a nota recebida considerando todos os planos de informação e o peso aplicado a eles.

4.3.4 Validação dos Resultados

Por meio de uma tabulação cruzada, através da ferramenta *Tabulate Area* disponível no ArcGis 10.2.2, os Planos de Informação foram comparados com o modelo final de suscetibilidade, de maneira que o produto resultante possibilitasse a análise das características de suscetibilidade de cada classe.