

CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA GEOECOLÓGICA DA PAISAGEM COMO BASE PARA O PLANEJAMENTO E GESTÃO MUNICIPAL: O CASO DE ASTORGA, NORTE DO PARANÁ

Gustavo Henrique Andrade da CRUZ¹

Hélio SILVEIRA²

Luisa Coneglian MOGNOL³

Guilherme Carmona ROBERTO⁴

Lucas Vinicius DIAS⁵

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo identificar as principais Unidades de Paisagem (UPs) do município de Astorga, localizado no norte do Paraná, e proceder à caracterização de sua estrutura geoecológica, tanto em perspectiva vertical quanto lateral. Busca-se, assim, avaliar suas potencialidades e vulnerabilidades, contribuindo com subsídios técnicos e conceituais para o planejamento territorial e a gestão municipal. Como resultado, foram definidas três macrounidades paisagísticas: a UPI, correspondente ao interflúvio principal, na área central do município; a UPII, localizada em cotas altimétricas intermediárias; e a UPIII, no setor sul. As unidades I e III apresentam maior vulnerabilidade. Na UPI, essa condição relaciona-se ao substrato arenítico e aos solos de textura média, comumente utilizados para o cultivo de cana-de-açúcar e a expansão urbana. Já na UPIII, a vulnerabilidade está associada ao aumento da declividade, às rupturas de relevo e à presença de solos rasos, como os Neossolos Litólicos e Regolíticos. As áreas de transição entre as unidades demonstraram maior complexidade paisagística. De modo geral, todas as UPs apresentam formas de uso e manejo do solo compatíveis com as potencialidades do ambiente; entretanto, as unidades I e III requerem atenção especial em razão de suas vulnerabilidades, sobretudo relacionadas à suscetibilidade à erosão e à degradação do solo. O diagnóstico geoecológico da estrutura da paisagem revelou-se uma ferramenta fundamental para o planejamento estratégico e para a formulação de políticas de gestão municipal, ao permitir a integração dos aspectos sociais, ambientais e econômicos, os três pilares do desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Componentes Geoambientais. Fragilidade Ambiental. Unidade de Paisagem.

¹ Doutorando no Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá (UEM)

² Docente no Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá (UEM)

³ Graduada em Geologia pela Universidade Federal do Paraná (UFPR)

⁴ Graduando em Geografia da Universidade Estadual de Maringá (UEM)

⁵ Doutorando em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Londrina (UEL)

CHARACTERIZATION OF THE GEOECOLOGICAL STRUCTURE OF THE LANDSCAPE AS A BASIS FOR MUNICIPAL PLANNING AND MANAGEMENT: THE CASE OF ASTORGA, NORTHERN PARANÁ

ABSTRACT

This study aims to identify the main Landscape Units (LUs) of the municipality of Astorga, located in northern Paraná, and to characterize their geoecological structure from both vertical and lateral perspectives. The objective is to assess their potentialities and vulnerabilities, thereby providing technical and conceptual support for territorial planning and municipal management. As a result, three major landscape units were defined: LU I, corresponding to the main interfluvium in the central area of the municipality; LU II, located at intermediate altimetric levels; and LU III, in the southern sector. Units I and III exhibit greater vulnerability. In LU I, this condition is related to the sandy substrate and medium-textured soils, commonly used for sugarcane cultivation and urban expansion. In LU III, vulnerability is associated with increased slope, relief disruptions, and the presence of shallow soils, such as Litholic and Regolithic Neosols. Transition areas between the units revealed greater landscape complexity. In general, all LUs present land use and management practices compatible with the potentialities of the environment; however, Units I and III require special attention due to their vulnerabilities, particularly their susceptibility to erosion and soil degradation. The geoecological diagnosis of the landscape structure proved to be a fundamental tool for strategic planning and for formulating municipal management policies, as it enables the integration of social, environmental, and economic aspects—the three pillars of sustainable development.

Keywords: Geoenvironmental Components. Environmental Fragility. Landscape Unit.

1 INTRODUÇÃO

Apesar das amplas discussões atuais sobre planejamento e gestão territorial, ainda há um progresso significativo a ser alcançado para sua efetiva implementação. Isso se torna especialmente evidente quando se considera a necessidade de utilizar unidades de integração espacial que possibilitem a análise, o diagnóstico e o prognóstico do território (Salinas Chávez; Medeiros, 2024).

A definição de unidades de paisagem homogêneas pode ser extremamente útil, pois viabiliza a compatibilização do uso da terra com a sustentabilidade ambiental, social e econômica (Metzger, 2001). A proposta de estabelecer unidades de gestão que adotem uma abordagem holística e integradora dos elementos que as compõem, aliada à definição de usos recomendados e suas limitações, é essencial para promover um desenvolvimento sustentável a médio e longo prazo (Salinas Chávez; Medeiros, 2024).

A compartimentação da paisagem é sustentada pelas características particulares resultantes da complexa interação entre os componentes físico-naturais e sociais do ambiente, bem como pelo seu funcionamento sistêmico. Esse conceito é frequentemente empregado na gestão de unidades hidrográficas (Nóbrega *et al.*, 2015; Osco *et al.*, 2017; Teixeira; Ribeiro; Mincato, 2018; Paula; Silva, 2019; Medeiros *et al.*, 2022), assim como no planejamento e gestão de áreas de preservação ambiental (Brito; Salinas Chávez; Garcia, 2022).

Entretanto, a adoção do município como unidade política para a análise territorial, apesar de seu elevado potencial orientador para gestores públicos, ao possibilitar a exploração das potencialidades locais e a compreensão de suas limitações com vistas ao desenvolvimento sustentável, ainda é um tema insuficientemente abordado (Manosso; Nóbrega, 2008; Serrano, 2017).

Frente ao exposto, e considerando a expressiva multiplicidade de elementos abióticos que influenciam as frentes de produção do espaço, este trabalho teve como objetivo estabelecer as principais unidades de paisagem do município de Astorga, no norte do Paraná. Adicionalmente, procedeu-se à caracterização da estrutura geoecológica das unidades, com o propósito de avaliar suas potencialidades e vulnerabilidades, fornecendo subsídios consistentes ao planejamento territorial e à gestão municipal.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Em relação aos limites políticos, o município de Astorga integra a mesorregião Norte Central Paranaense. Possui como limítrofes oito municípios, a saber, Maringá, Marialva, Mandaguari, Sabáudia, Pitangueiras, Jaguapitã, Munhoz de Melo e Iguaçu (IBGE, 2015) (Figura 1).

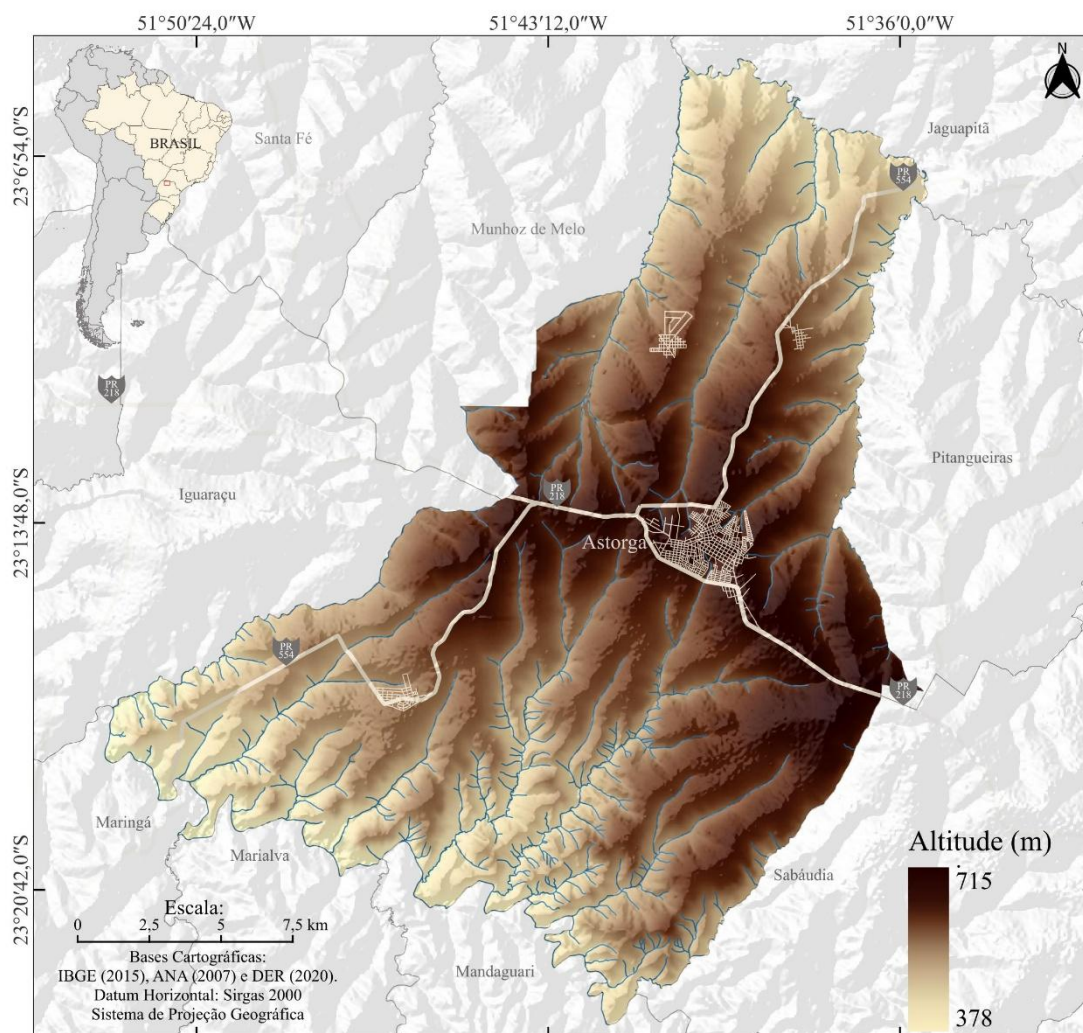


Figura 1 - Localização do município de Astorga, Norte Central do estado do Paraná, Brasil
Organização: Autores, 2024.

A delimitação e a representação espacial das Unidades de Paisagem (UPs) homogêneas do município, assim como a caracterização de sua estrutura geoecológica, fundamentaram-se nas inter-relações e na dinâmica geossistêmica (Bertrand, 1972; 1978) dos principais elementos que as compõem, tais como geologia, geomorfologia (declividade e geometria das vertentes), solos e

hidrografia (densidade de drenagem). Além disso, a fragilidade ambiental (potencial e emergente) foi avaliada e considerada um critério para a definição dos compartimentos, uma vez que permite discriminar as áreas com maior predisposição à degradação, tanto em condições naturais quanto antropizadas (Ross, 1994).

Dessa maneira, o roteiro metodológico é caracterizado por ser multifásico, composto por quatro etapas interconectadas (Figura 2).

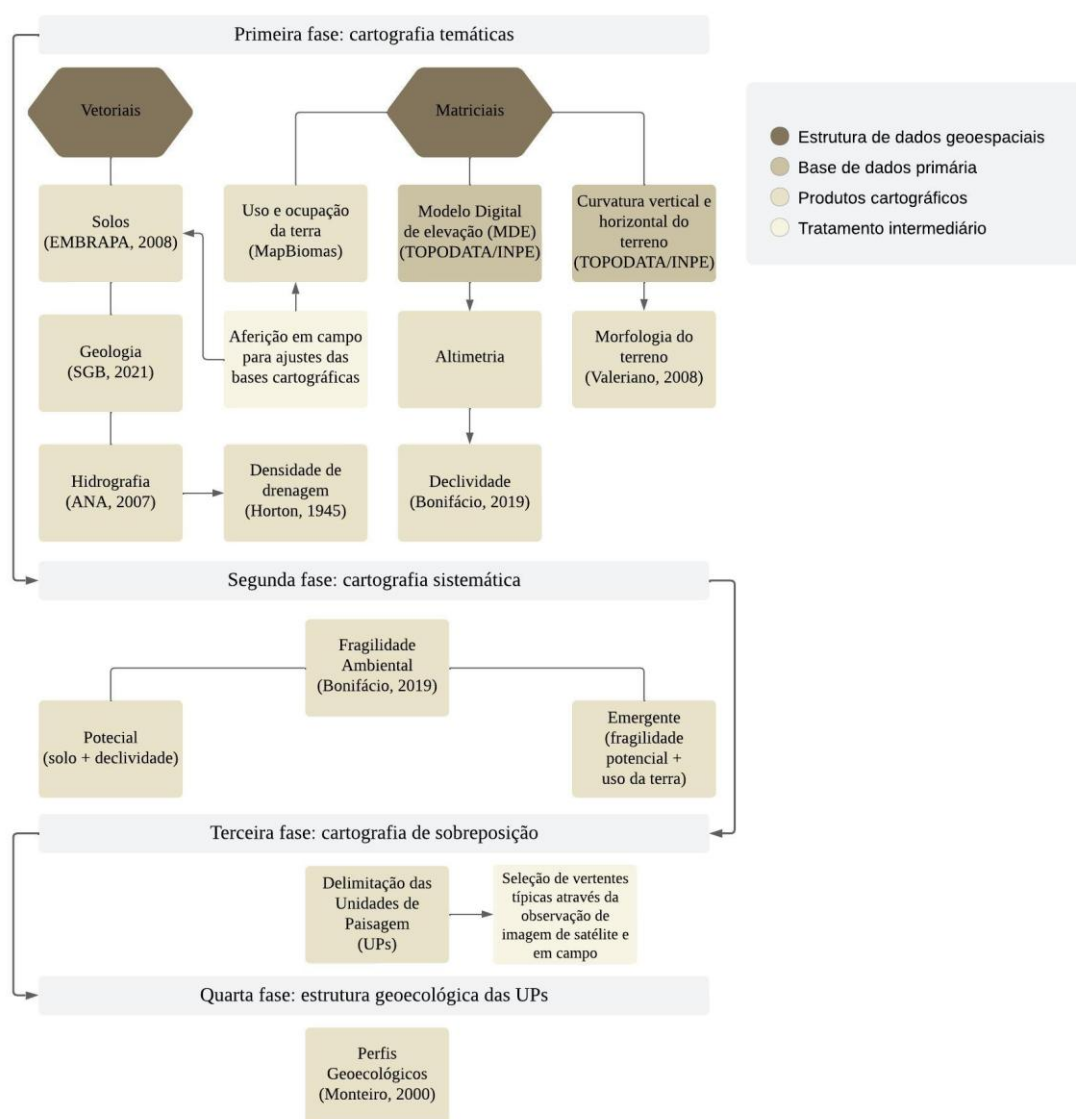


Figura 2 - Fluxograma metodológico para análise geoecológica da paisagem do município de Astorga, norte do estado do Paraná, Brasil

Fonte: Autores, 2024.

Inicialmente, foram elaborados mapas analíticos no *software QGIS 3.24.3*, utilizando arquivos vetoriais disponibilizados pelas seguintes instituições: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, para dados de solos (EMBRAPA, 2008); Serviço Geológico do Brasil, para informações geológicas (unidades litoestratigráficas) (SGB, 2021); e Agência Nacional de Águas, para dados hidrológicos (ANA, 2007). Esta última, além de integrar os demais produtos cartográficos como convenção complementar, serviu de base para o cálculo e a representação espacial da Densidade de Drenagem (DD), determinada segundo os preceitos estabelecidos por Horton (1945).

Ainda na primeira etapa, foram utilizados arquivos matriciais, especialmente para a representação do uso e ocupação da terra, disponibilizados pelo Projeto MapBiomas (Coleção 8). Também foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE), com resolução espacial de aproximadamente 30 metros (Valeriano; Rossetti, 2012), ao qual possibilitou a elaboração da carta clinográfica, onde foram adotadas as classes de declividade propostas por Bonifácio (2019). A carta de geometria do terreno foi gerada a partir da integração entre a curvatura vertical e horizontal, em conformidade com as diretrizes estabelecidas por Valeriano (2008).

Em razão de a carta de solos (EMBRAPA, 2008) e a de uso e ocupação da terra (MapBiomas, coleção 8) apresentarem originalmente escala 1:250.000, o que pode comprometer a precisão em nível municipal, ambas as bases cartográficas foram ajustadas por meio da sobreposição às imagens orbitais do Google Earth Pro de 2024 e complementadas por controle de campo.

Na segunda fase, por meio da aplicação de operações algébricas, a combinação de valores atribuídos a variáveis ambientais em ambiente SIG, tendo como base a documentação cartográfica processada na primeira etapa, foram elaboradas cartas de fragilidade ambiental (potencial e emergente). Tais cartas síntese foram elaboradas com base na proposta metodológica validada e recomendada por Bonifácio (2019), adaptada de Ross (1994) para a região.

Conforme Bonifácio (2019), a carta de Fragilidade Ambiental Potencial (FAP) foi confeccionada a partir da correlação entre as classes de solos, às quais foram atribuídos pesos de 1 a 5, considerando o grau de erodibilidade (Fator K) dos horizontes pedológicos superficiais, bem como as classes de declividade (Tabela 1).

Tabela 1 – Pesos para as classes de solos e de declividade

Classes de Solos	Declividade (%)	Peso
Latossolos textura argilosa a muito argilosa	< 5	1
Latossolos textura argilo-franco, Nitossolos Vermelhos	5-10	2
Latossolos textura média, Argissolos textura média/argilosa	10-20	3

Argissolos textura média e arenosa/média, Cambissolos, Chernossolos	20-30	4
Neossolos, Gleissolos, Planossolos, Organossolos, Espodossolos	> 30	5

Fonte: Bonifácio, 2019.

Para a carta de Fragilidade Ambiental Emergente (FAE), foram incluídos pesos para as classes de uso da terra, levando em consideração o grau de cobertura do solo (Tabela 2).

Tabela 2 – Pesos para as classes de uso da terra

Uso da terra	Peso
Cobertura Florestal: cobertura original florestal, silvicultura	0
Pastagem	0,25
Culturas: temporárias e permanentes	0,75
Solo exposto e área urbanizada	1

Fonte: Bonifácio, 2019.

Dessa maneira, o grau de Fragilidade Ambiental Potencial (FAP) foi determinado a partir da aplicação da equação 1:

$$FAP = ((GS + GD)/2) \quad (\text{equação 1})$$

Em que, FAP trata-se da Fragilidade Ambiental Potencial (admissional); GS - Grau de fragilidade dos solos; GD - Grau de declividade.

Utilizando as mesmas variáveis, somados ao índice de uso da terra, foi determinada a Fragilidade Ambiental Emergente, conforme equação 2:

$$FAE = ((GS+GD/2,0) + IU) \quad (\text{equação 2})$$

Em que, FAE trata-se da Fragilidade Ambiental Emergente (admissional); IU - Índice relacionado ao uso das terras.

Posteriormente, procedeu-se à reclassificação da documentação cartográfica produzida, de modo a enquadrar as categorias de fragilidade (Tabela 3).

Tabela 3 – Enquadramento das categorias de Fragilidade Ambiental

Intervalo	Classe/Grau de Fragilidade
1 a 1,4	Muito Baixa
1,5 a 2,4	Baixa
2,5 a 3,4	Moderada
3,5 a 4,4	Alta
≥ 4,5	Muito Alta

Fonte: Bonifácio, 2019.

A partir de uma abordagem integrada, a sobreposição das cartas temáticas às de fragilidade ambiental levou, na terceira etapa, à delimitação das Unidades de Paisagem (UPs) (Figura 2).

Utilizando a metodologia de Monteiro (2000), foram selecionadas vertentes típicas de cada UP por meio da análise de imagens orbitais e de observações em campo, com o intuito de elaborar

perfis geoecológicos e caracterizar sua estrutura vertical e horizontal. As informações sobre topografia e variação bidimensional dos aspectos físicos e socioeconômicos foram extraídas utilizando o *plugin “qprof”* do *software QGIS 3.24.3*. Por fim, a diagramação do *layout* final dos perfis foi realizada no *software* de design gráfico *CorelDRAW 2020*.

3 CARACTERÍSTICAS GEOAMBIENTAIS E VULNERABILIDADE AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE ASTORGA

O município de Astorga está inserido sobre a Província Ígnea do Paraná (PIP). A PIP repousa sobre uma espessa camada de aproximadamente 6.000 metros de sedimentos fanerozoicos da Bacia do Paraná e é sotoposta por uma camada mais delgada de cerca de 300 metros de rochas cretácicas pós-vulcânicas. Os derrames que formam esta Província recebem tipicamente a nomenclatura estratigráfica de ‘Formação Serra Geral’, nome que se encontra agora formalmente elevado à categoria de Grupo em função de publicações recentes de Licht e Arioli (2018).

O Grupo Serra Geral é subdividido nos Subgrupos Centro-Norte e Sul, sendo formado predominantemente por derrames vulcânicos basálticos toleíticos, com menor ocorrência de riolitos e riodacitos (Licht; Arioli, 2018). Na região de Astorga, o subgrupo Centro-Norte é representado pelas Formações Pitanga e Paranapanema (Figura 3a).

A Formação Pitanga, restrita ao extremo sul do município, constitui a base do subgrupo e é composta por derrames de lavas básicas *hipohialinas*, finos derrames *pahoehoe*, depósitos vulcanoclásticos e, em menor proporção, derrames de lavas ácidas. Já a Formação Paranapanema é predominante na área, compondo o topo do subgrupo e caracterizando-se por derrames basálticos *pahoehoe* tabulares, acompanhados ocasionalmente por pegmatitos básicos e raros depósitos vulcanoclásticos. A elevada espessura desses derrames resulta de processos de inflação por grandes volumes de magma com alimentação contínua, conferindo predominância ao basalto maciço, com vesículas e amígdalas limitadas às zonas de topo e base (Licht; Arioli, 2018).

O acúmulo de cerca de dois quilômetros de derrames basálticos ocasionou subsidência mecânica, originando uma depressão posteriormente preenchida pelos sedimentos neocretáceos da Bacia Sedimentar Bauru, com arenitos sobrepondo-se discordantemente aos basaltos do Grupo Serra Geral (Bettú *et al.*, 2006).

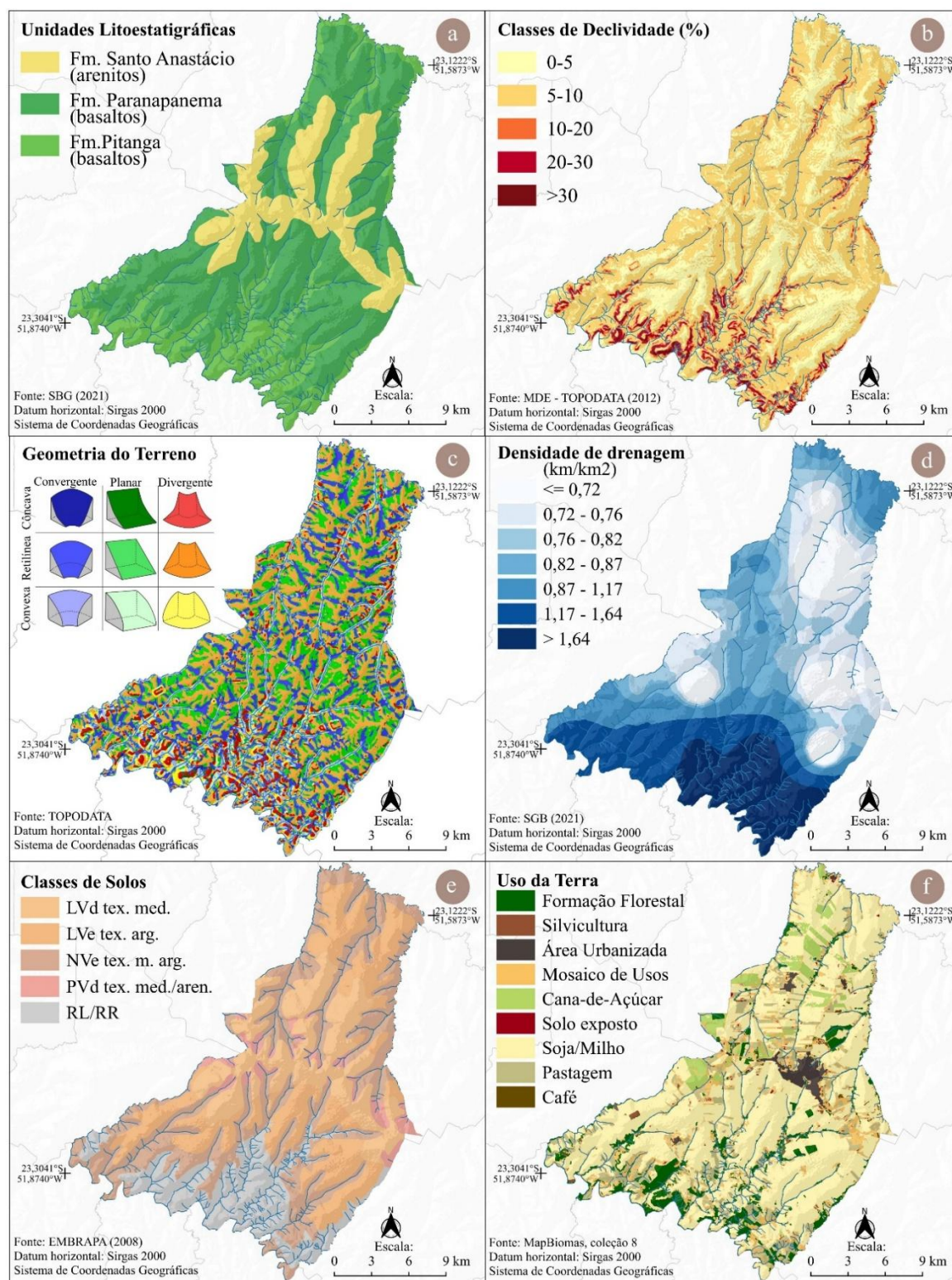


Figura 3 - Substrato Geológico (a), Declividade (b), Geometria do Terreno (c), Densidade de Drenagem (d), Classes de Solos (e) e Uso da Terra (f) no município de Astorga, estado do Paraná, Brasil
Organização: Autores, 2024.

Conforme Fernandes e Coimbra (1994), o preenchimento da Bacia Bauru ocorreu sob clima semiárido a árido, com predominância de depósitos eólicos, favorecendo a formação do Grupo Caiuá. Esse grupo é composto por três formações de arenitos depositadas em ambiente desértico: a Formação Rio Paraná, associada a grandes dunas; a Formação Goioerê, caracterizada por depósitos eólicos periféricos sujeitos a oscilações no nível freático; e a Formação Santo Anastácio, correspondente a planícies marginais de lençóis de areia em clima seco.

No município de Astorga, ocorrem arenitos da Formação Santo Anastácio (Figura 3a), caracterizados por apresentarem granulometria fina a muito fina, sendo quartzosos sub-arcoseanos, pobremente selecionados e com raras intercalações de estratos de lamitos. Apresentam estratificações tabulares decimétricas e, ocasionalmente, plano-paralelas ou cruzadas mal definidas (Fernandes; Coimbra, 1994).

Os processos intempéricos atuantes a partir do Cretáceo Superior (há cerca de 70 milhões de anos), em especial ao longo das drenagens, foram responsáveis pela remoção de parte considerável desta cobertura suprabasáltica na região, culminando na erosão dos arenitos e consequente exposição das rochas do Grupo Serra Geral nos fundos de vale. Dessa maneira, atualmente, os arenitos, associados à Formação Santo Anastácio, estão restritos nas maiores cotas altimétricas do município, em sua área central (Figura 3a).

Ainda que não haja estudos específicos acerca da correlação entre as formações geológicas e o grau de dissecação do terreno no Subgrupo Serra Geral Centro-Norte, é possível presumir que a vesiculação generalizada nos lobos individuais encontrados nos derrames pertencentes à Formação Pitanga tenha papel importante na resistência de tais rochas ao intemperismo físico e químico. Essa diferença no grau de resistência à atuação de processos intempéricos influencia a dinâmica e o modelado do relevo da região, resultando, no município de Astorga, na presença de duas áreas bem delimitadas quanto à variação da declividade e à morfologia do terreno.

No setor sul, área onde afloram basaltos da Formação Pitanga, as vertentes são, de modo geral, mais curtas e a declividade acentuada, normalmente superiores a 20% (Figura 3b), associadas a frequentes rupturas de declive côncavo-convexas (Figura 3c). Nas demais áreas, predominam encostas longas com declividade menos acentuada, geralmente inferiores a 5% nos topos dos interflúvios, que raramente ultrapassam 10% nos segmentos subsequentes (Figura 3b). Além disso,

as vertentes apresentam, em sua maioria, forma retilínea-convexa, com rupturas de declive pouco frequentes (Figura 3c).

O relevo fortemente ondulado no setor sul, especialmente em áreas de incidência da Formação Pitanga, cria condições favoráveis para o aumento da densidade de drenagem (DD), que pode ultrapassar 1,64 km/km², ainda que a maioria dos pequenos cursos d'água seja intermitente. Em contrapartida, no centro-norte do município, o maior entalhe da rede de drenagem culmina a redução da DD, que passa a ser, predominantemente, inferior a 0,76 km/km² (Figura 3d).

A significativa variação espacial dos aspectos geológicos e geomorfológicos conduz à formação de características pedológicas igualmente heterogêneas, resultando na ocorrência de quatro classes de solos no município. Em áreas compostas por formação arenítica suprabasáltica (Formação Santo Anastácio), predominam os Latossolos Vermelhos distróficos de textura média, que recobrem o topo dos largos e arredondados interflúvios. Estes são lateralmente sucedidos, especialmente nas cabeceiras de drenagem, por Argissolos Vermelhos distróficos de textura média (Figura 3e).

Em setores onde os basaltos da Formação Paranapanema constituem o substrato geológico, formam-se Latossolos Vermelhos eutróficos de textura argilosa nos interflúvios. A partir do segmento médio da vertente, à medida que ocorre o aumento da declividade, ainda que modesto, os Latossolos transicionam para Nitossolos Vermelhos eutroférico de textura muito argilosa. Por outro lado, no setor sul do município, em uma área igualmente composta por basaltos (Formação Pitanga), mas com maior inclinação do terreno e mudanças na morfologia, incluindo rupturas, as quais favorecem o rejuvenescimento contínuo da cobertura pedológica por processos geomorfológicos ativos, com a morfogênese predominando sobre a pedogênese, ocorrem solos incipientes, como Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos (Figura 3e).

As classes de solo, devido à diversidade de suas características físicas, químicas e de comportamento hídrico, juntamente com as características geomorfológicas das vertentes, são fatores condicionantes do tipo de uso da terra adotado no perímetro do município.

Em área caracterizadas por vertentes longas, baixa dissecação e solos profundos com maiores teores de argila (Latosolos e Nitossolos, derivados de basaltos), predominam as lavouras de soja em sistema de rotação com milho. Em setores com características topográficas semelhantes, mas compostas por solos derivados de arenitos (Latosolos e Argissolos, ambos de textura média), o uso da terra é essencialmente voltado para o cultivo de cana-de-açúcar e para pastagens (Figura 3f).

No setor sul do município, as características geoambientais impõem restrições à mecanização, influenciando as práticas de manejo e o uso do solo. Assim, às áreas de relevo dissecado, compostas por Neossolos (Regolítico e Litólico), são atribuídos o uso da terra para pastagens e a presença de coberturas florestais, tanto naturais quanto exóticas destinadas a fins comerciais, como o eucalipto (Figura 3f).

Em razão das características genéticas do ambiente, a variação espacial dos componentes físico-naturais da paisagem resulta na formação de diferentes níveis de fragilidade ambiental potencial (FAP). Essa condição se intensifica, em síntese, com a antropização, devido à ocupação do solo para fins agrícolas e urbanos. Desse modo, geralmente elevam os níveis de fragilidade ambiental emergente (FAE), ultrapassando os limites de estabilidade da área quando em condições naturais.

As classes de FAP fraca e muito fraca ocorrem nas regiões norte e centro-sul do município (Figura 4a). Estão associadas a áreas compostas por basaltos e caracterizadas por baixa dissecação do relevo, o que favorece a formação de solos profundos, bem drenados e estruturados (Latosolos e Nitossolos, de textura argilosa e muito argilosa, respectivamente). No entanto, esses setores são, em geral, destinados à agricultura mecanizada e intensiva (soja e milho), que promove um avanço significativo da classe de FAE fraca e, principalmente, o surgimento da classe moderada (Figura 4b).

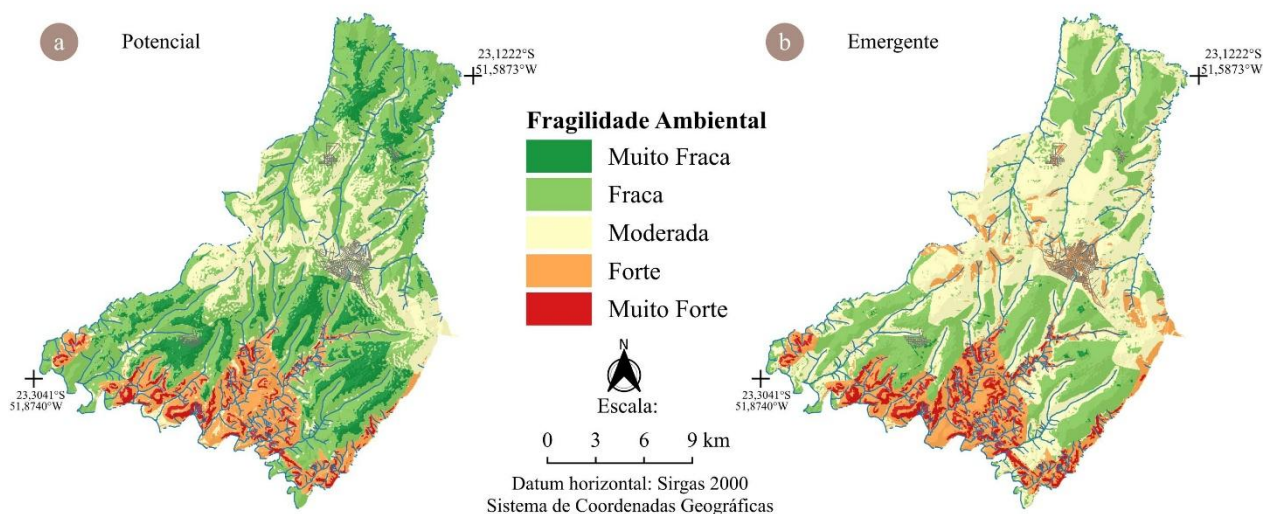


Figura 4 - Fragilidade Ambiental Potencial (a) e Emergente (b) no município de Astorga, estado do Paraná, Brasil
Organização: Autores, 2024.

Dessa maneira, a classe moderada, observada na FAP, estava restrita às áreas compostas por relevo suave ondulado e arenitos — os quais dão origem a Latossolos e Argissolos de textura média. Com

a introdução das lavouras temporárias, ao se avaliar a FAE, a classe moderada passa também a ocorrer em áreas com solos de textura argilosa, especialmente nas médias e baixas vertentes, constituídas por Nitossolos Vermelhos, onde há um aumento da declividade, ainda que sutil (Figura 4b).

O grau de fragilidade forte para FAP, juntamente com o muito forte, ocorre apenas no setor sul do município, em áreas que apresentam declividade acentuada ($>20\%$) e que são compostas por solos rasos (Neossolos Regolíticos e Litólicos), caracterizados por apresentar maiores taxas de erodibilidade (Figura 4a). Entretanto, com a introdução de pastagens e, principalmente, de lavouras de cana-de-açúcar e do uso urbano, em ambiente antropizado (FAE) a classe forte passa também a ocorrer na área central do município, onde ocorrem Argissolos de textura média (Figura 4b).

Em síntese, o uso e a ocupação da terra contribuem para o aumento do nível crítico de fragilidade ambiental em algumas áreas. No setor sul do município, por exemplo, a introdução da pastagem eleva a fragilidade forte para a classe muito forte. De modo semelhante, na área central, a expansão da cana-de-açúcar e do centro urbano resulta no aumento do grau de fragilidade moderado para forte.

4 A ESTRUTURA GEOECOLÓGICA DA PAISAGEM NO MUNICÍPIO DE ASTORGA

A partir da análise integrada da documentação cartográfica dos elementos que compõem a estrutura da paisagem no município de Astorga, assim como do comportamento espacial dos níveis de fragilidade ambiental, evidenciou-se a existência de três macrounidades paisagísticas (Figura 5), as quais podem ser posteriormente segmentadas em compartimentos menores, inclusive em zonas de transição.

O compartimento I totaliza uma área de 510 km², equivalente a 39,3% do município. Compreende o interflúvio principal, que corresponde, em linhas gerais, a área central, onde se situa o centro urbano (Figura 5).

Embora a UPI (Unidade de Paisagem I) seja essencialmente constituída por solos de textura média (Latossolos e Argissolos), derivados de arenitos da Formação Santo Anastásio, esta apresenta, em zonas de transição para a UPII, afloramentos de basaltos no talvegue da rede de drenagem. Essa descontinuidade litológica faz com que pontualmente ocorra a formação de Nitossolos de textura muito argilosa sobretudo no sopé das vertentes e, em algumas áreas, a partir de seu segmento médio. Além

das características dos solos, também ocorrem mudanças nas características geomorfológicas (declividade e morfologia) que, em conjunto, condicionam o tipo de uso da terra ao longo da encosta, o qual é definido considerando as potencialidades e vulnerabilidades do ambiente.

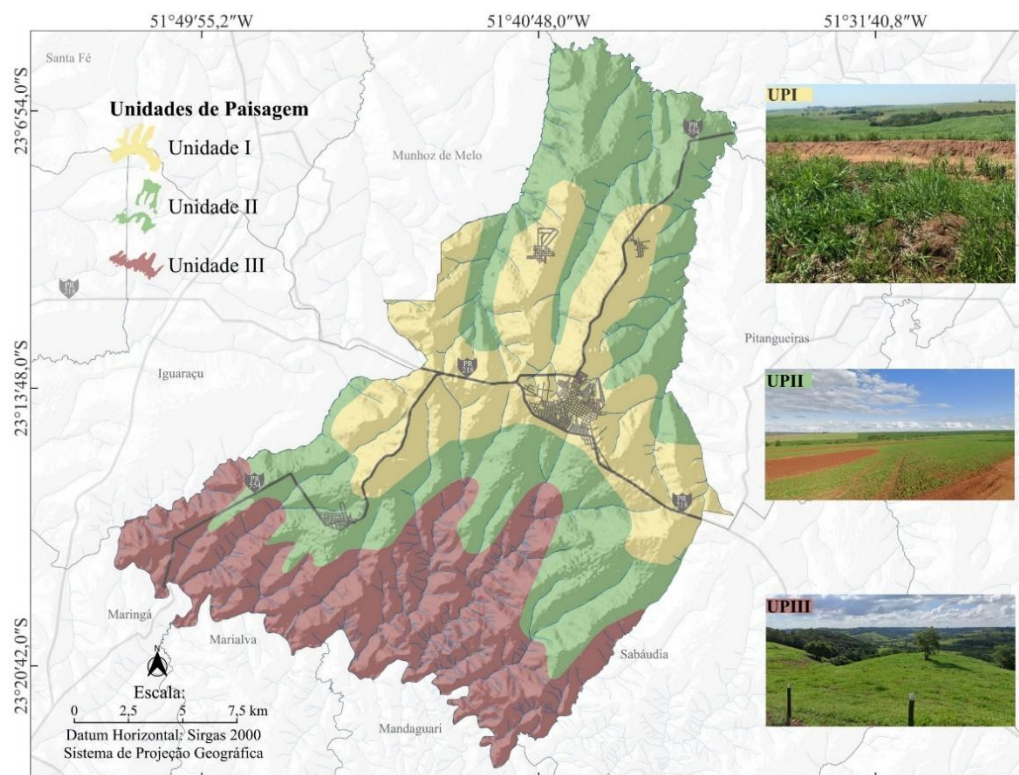
A UPI é caracterizada pela presença de três estruturas geoecológicas típicas. A primeira, mais representativa, corresponde, grosso modo, à área core desse compartimento e abrange as cabeceiras de cursos d'água de primeira ordem (Figura 6).

De acordo com carta de solos do estado do Paraná (escala 1:250.000), as vertentes são compostas por um sistema pedológico formado por Latossolo Vermelho, no topo - Argissolo Vermelho a partir do segmento médio, sendo ambos de textura média. No entanto, embora não estejam representados na documentação cartográfica devido à escala do mapa, os Neossolos Quartzarênicos (textura muito arenosa) são frequentemente mencionados em pesquisas de campo realizadas na região, como a desenvolvida por Marcatto, Silvera e Cruz (2024).

Trata-se de um compartimento com sistema pedológico complexo que, quando não manejado corretamente com a introdução de atividades agropecuárias, pode sustentar o desenvolvimento de formas erosivas lineares, como ravinas e voçorocas. Esses processos erosivos geralmente se iniciam nos Neossolos Quartzarênicos e avançam regressivamente sobre os Argissolos, podendo, em certos casos, onde a declividade é um pouco maior, atingir os Latossolos no topo da vertente, assim como destacado por Nóbrega *et al.* (2022).

Embora apresente baixos graus de declividade, geralmente inferiores a 10%, e formas retilíneas, a área central da UPI é destinada principalmente ao cultivo de cana-de-açúcar e pastagens. Essa destinação está relacionada à baixa fertilidade natural e de retenção de água dos solos, características herdadas de seu material parental (arenitos) (Figura 6).

A passagem para setores de menor altitude marca a transição da UPI para a UPII, áreas em que geralmente ocorrem descontinuidades litológicas na vertente, representadas por transições entre arenitos e basaltos. No setor sul da UPI, onde o menor entalhe da rede de drenagem resultou em menores taxas de denudação dos arenitos e na exposição de basaltos em superfície apenas nos sopés das vertentes. São nesses locais que ocorre, portanto, a transição para solos formados por material parental distinto (basaltos).



Variável	Classificação	UPI		UPII		UPIII	
		Área (Km²)	%	Área (Km²)	%	Área (Km²)	%
Fm. Geológica/Litologia	Santo Anastácio (arenitos)	89,8	70,7	-	-	-	-
	Paranapanema (basaltos)	37,3	29,3	158,4	88,4	48,0	36,9
	Pitanga (basaltos)	-	-	20,8	11,6	82,0	63,1
Declividade (%)	< 5	38,8	30,5	61,6	34,4	16,9	13,0
	5 - 10	87,0	68,4	108,4	60,5	77,4	59,5
	10 - 20	1,2	1,1	7,0	3,9	18,3	14,1
	20 - 30	-	-	2,1	1,2	14,4	11,0
	> 30	-	-	-	-	3,0	2,4
Classe de Solos	LVd	80,6	63,4	-	-	-	-
	LVe	8,9	7,0	93,2	51,5	17,1	13,2
	PVd	18,6	14,7	-	-	-	-
	NVe	18,9	14,9	85,9	47,4	37,9	29,1
	RR/RL	-	-	2,0	1,1	75,0	57,7
Classe de Uso da Terra	Cana-de-Açúcar	13,1	10,3	7,4	4,1	0,1	0,1
	Soja/Milho	63,5	49,9	138,4	77,3	62,1	47,8
	Pastagem	14,1	11,1	3,7	2,1	14,3	11,0
	Mosaico de Usos	21,8	17,2	16,5	9,2	23,8	18,3
	Flóresta	4,2	3,3	11,5	6,4	28,9	22,2
	Outros	10,4	8,2	1,7	0,9	0,8	0,6
Fragilidade Ambiental Potencial	Muito Fraca	4,5	3,5	49,4	27,6	5,4	4,1
	Fraca	0,2	0,2	1,4	0,8	0,2	0,2
	Moderada	53,5	42,1	115,6	64,7	43,8	33,6
	Forte	16,9	13,3	105,4	59,0	25,4	19,5
	Muito Forte	68,5	53,9	11,6	6,5	11,8	9,0
		91,2	71,8	68	38,1	30,4	23,3
		0,6	0,5	2,1	1,2	54,3	41,6
		18,8	14,8	3,6	2,0	52,9	40,6
		-	-	-	-	15,1	11,6
		-	-	0,3	0,2	21,5	16,5
Variação altimétrica (m)		518-715		409-659		378-629	
Densidade de Drenagem (média)		0,4		0,7		1,7	
Morfologia de Vertente Predominante		Retilínea-Convexa		Retilínea-Convexa		Côncava-Convexa	

Figura 5 – Unidade de Paisagem (UP) do município de Astorga - PR

Fonte: Autores, 2024.

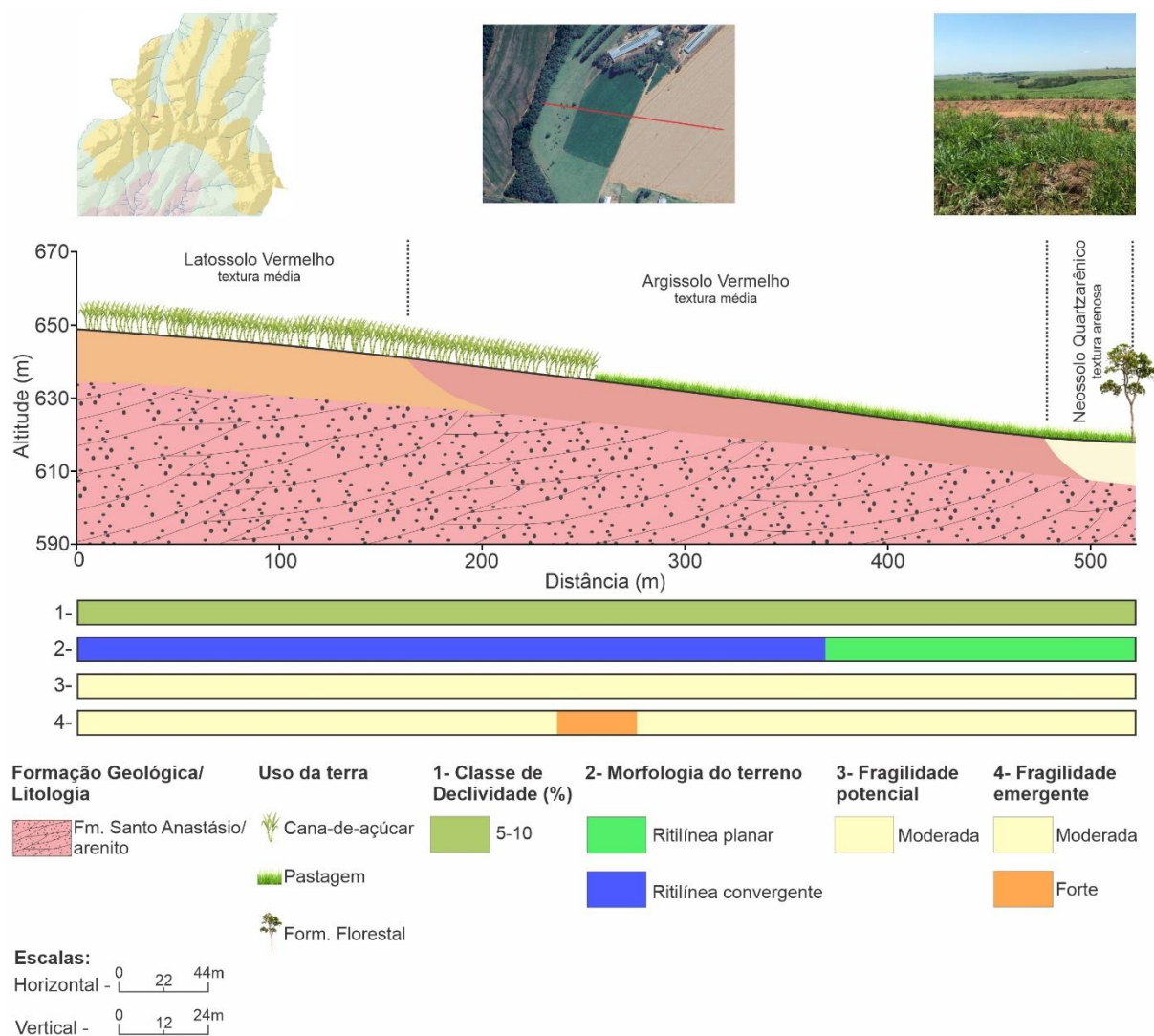


Figura 6 – Perfil geoambiental representativo da área central da UPI

Fonte: Autores, 2024.

Quando as taxas de declividade variam predominantemente entre 5% e 10%, ainda é possível a formação de Argissolos nos médios compartimentos do declive. Dessa maneira, as vertentes são tipicamente constituídas por um sistema pedológico composto, da montante para a jusante, por Latossolo Vermelho (textura média), Argissolo Vermelho (textura média) e Nitossolo Vermelho (textura muito argilosa) (Figura 7).

As mudanças das características edafológicas e de fertilidade ao longo da vertente levam à diferentes formas de ocupação agrícola. Sobre os Latossolos de textura média é comum a

introdução de lavouras de cana-de-açúcar, enquanto nos Nitossolos, de maior fertilidade natural, a cultura da soja em sistema de rotação com o milho é desenvolvida. Já nos Argissolos, que apresentam características físico-químicas e hídricas mistas, o uso da terra é dinâmico e diversificado, refletindo um padrão de ocupação em mosaico (Figura 7).

Assim como no primeiro caso, as áreas com essas características geoambientais e socioeconômicas são caracterizadas por mudanças nos níveis de fragilidade ambiental (Figura 7). Essa particularidade ocorre principalmente devido às mudanças no funcionamento hídrico e no grau de erodibilidade dos solos ao longo da vertente, especialmente na direção vertical no Argissolo e no contato lateral deste com o Nitossolo.

A redução da infiltração vertical no horizonte Bt do Argissolo, devido ao seu gradiente textural, intensifica os fluxos hídricos no topo dos horizontes menos permeáveis em subsuperfície, favorecendo, conseqüentemente, o desenvolvimento de formas erosivas na superfície. Lateralmente, ao encontrar um solo mais bem estruturado, como o Nitossolo, o aumento do escoamento superficial cria condições propícias para a formação de processos erosivos regressivos na média vertente.

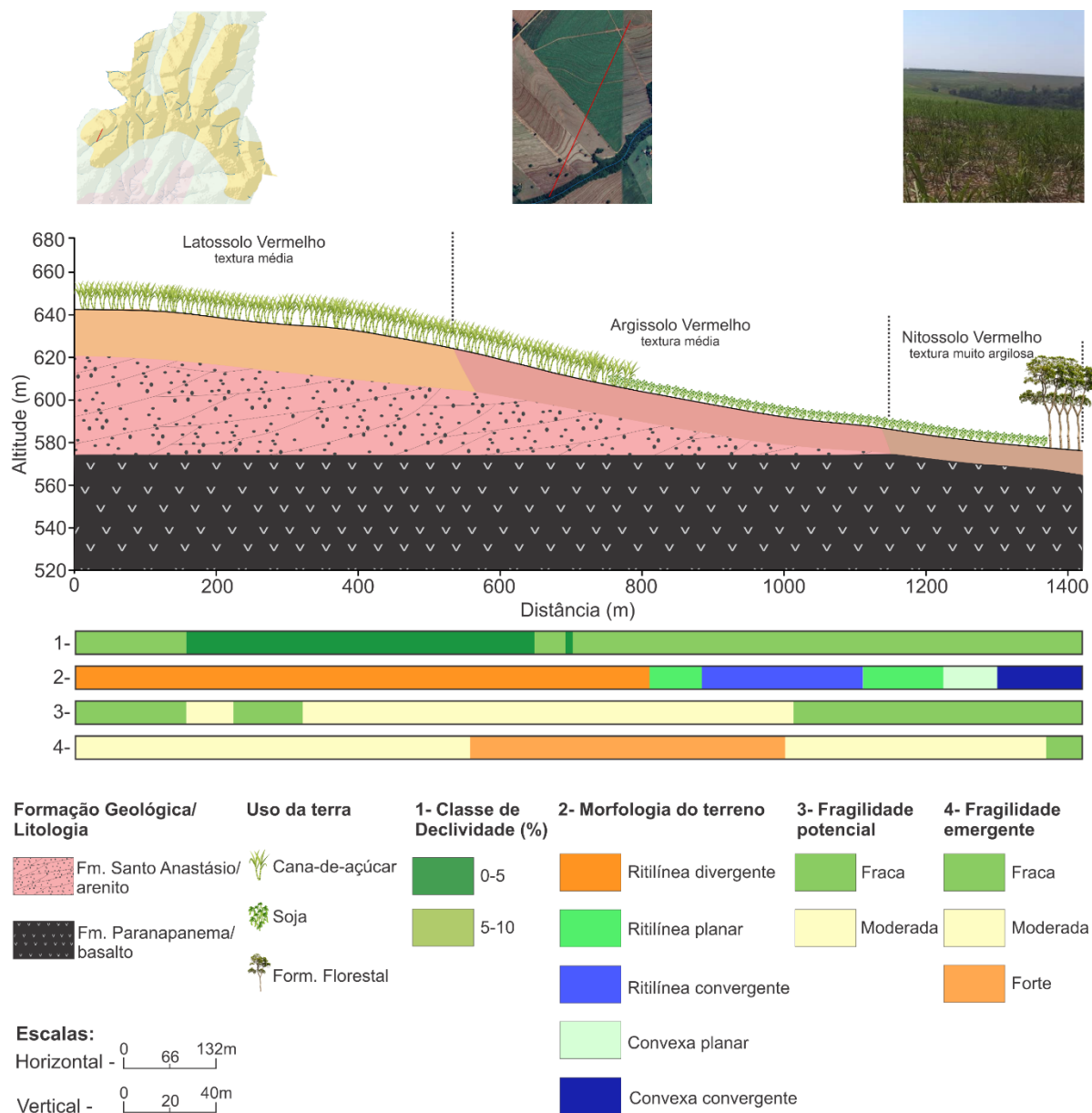


Figura 7 – Perfil geoambiental representativo da borda sul da UPI

Fonte: Autores, 2024.

A borda norte da UPI também é marcada por descontinuidade litológica ao longo da vertente. Contudo, o maior entalhe da rede de drenagem levou ao afloramento de basaltos em pontos mais elevados das encostas, já no segmento médio. Essa característica, em conjunto com a baixa declividade (predominantemente inferior a 5%), implica na gênese e evolução dos sistemas pedológicos, inibindo a formação dos Argissolos (Figura 8). Além disso, a baixa declividade leva a menores taxas de mobilização de compostos geoquímicos, fazendo com que, possivelmente, os

Latossolos, embora de textura média (derivados de arenitos), apresentem maiores teores de argila em relação aos situados na área central e na borda sul.

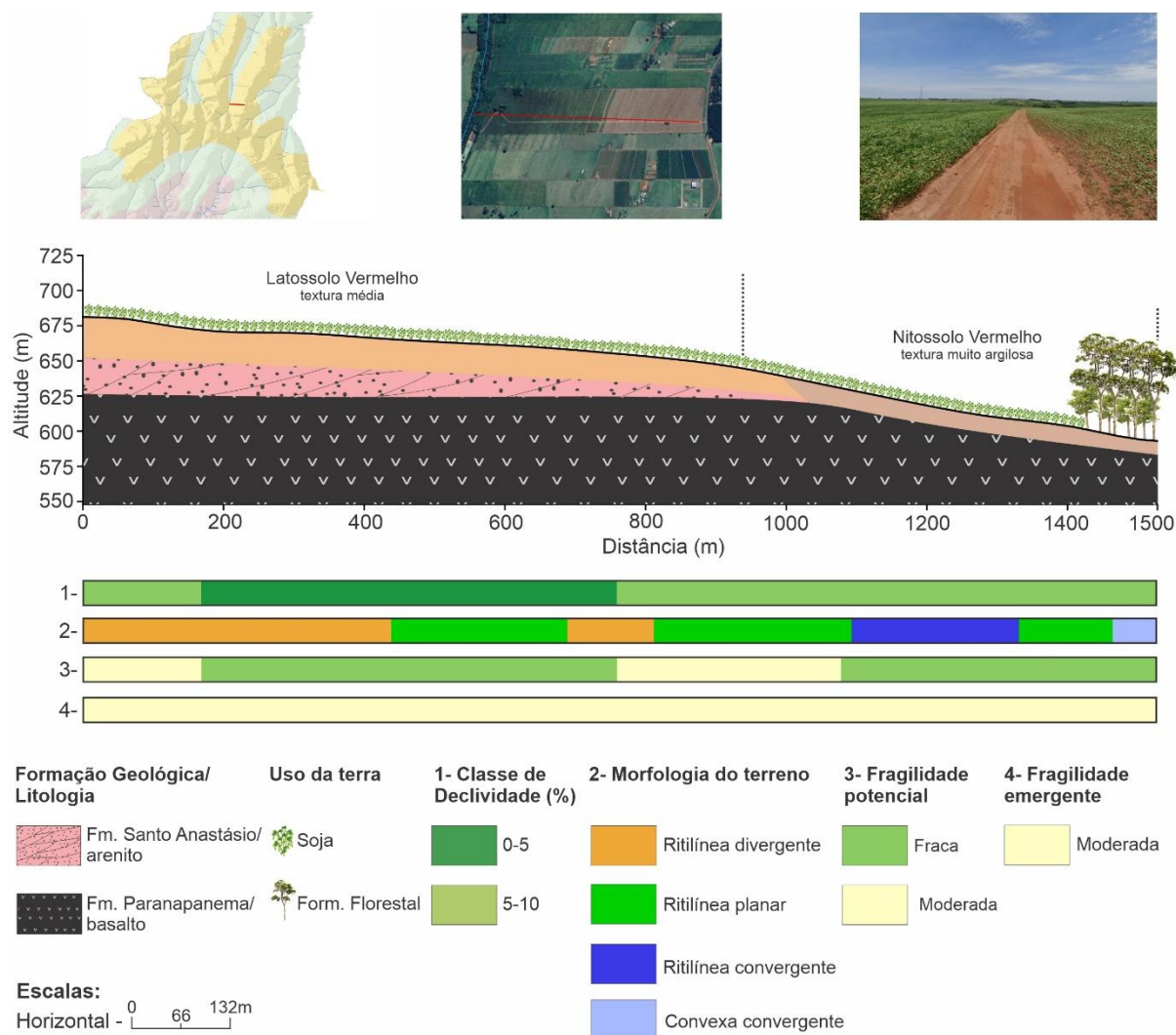


Figura 8 – Perfil geoambiental representativo da borda norte da UPI, em transição para a UPII

Fonte: Autores, 2024.

Dessa forma, o setor norte da UPI distingue-se da área central por apresentar maior grau de estabilidade estrutural e fertilidade natural, o que favorece sua destinação ao cultivo de culturas temporárias, com alterações restritas aos fundos de vale, onde a cobertura florestal permanece predominante. No entanto, mantêm uma predisposição ao desenvolvimento de feições erosivas, especialmente nas zonas de transição entre Latossolos (textura média) e Nitossolos. Esse cenário

exige a adoção de práticas conservacionistas no manejo agrícola, uma vez que, usualmente, a mesma estratégia de manejo é aplicada de maneira homogênea ao longo dessas áreas.

A UPII caracteriza-se por apresentar maior homogeneidade em comparação às demais unidades. Suas vertentes são, em sua maioria, longas e pouco dissecadas, com declividades inferiores a 10%. Essa configuração, associada ao substrato geológico composto por basaltos, resulta em sistemas pedológicos formados por Latossolos Vermelhos de textura argilosa e Nitossolos Vermelhos de textura muito argilosa (Figura 9).

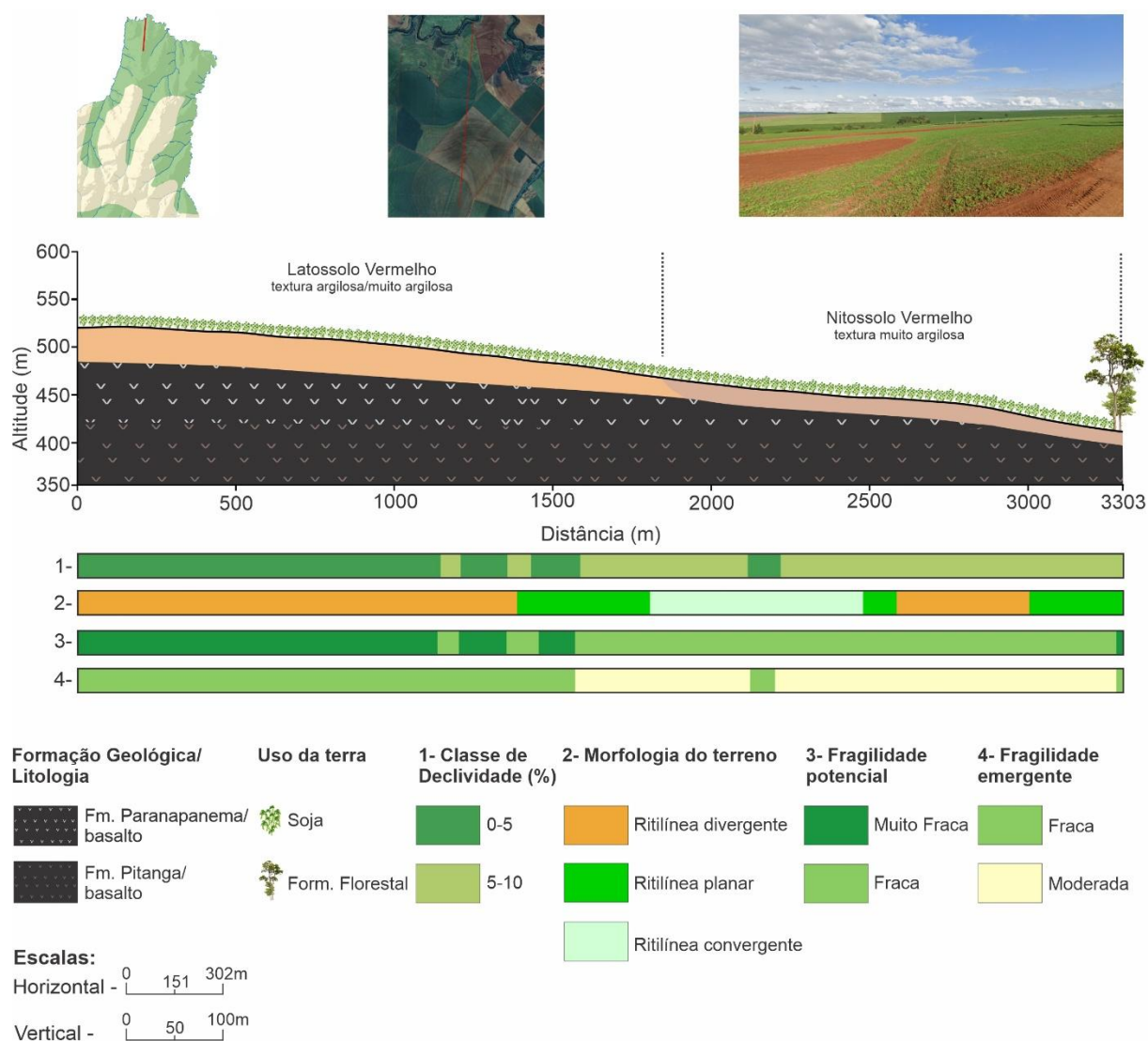


Figura 9 – Perfil geoambiental representativo da UPII

Fonte: Autores, 2024.

A alta fertilidade natural (em sua grande maioria eutróféricos) e a elevada capacidade de retenção de água desses solos, aliadas à facilidade de mecanização, favorecem a adoção de formas de uso igualmente homogêneas, com predomínio do cultivo de grãos, especialmente soja e milho (Figura 9). Além disso, a melhor estruturação desses solos os torna menos suscetíveis a processos de degradação, como o desenvolvimento de feições erosivas e processos associados.

A UPIII, assim como a UPI, caracteriza-se por sua vulnerabilidade, embora em um contexto geoambiental distinto. É predominantemente constituída por basaltos da Formação Pitanga, com vertentes altamente dissecadas e solos rasos, sendo os Neossolos Litólicos e Regolíticos os mais representativos (Figura 10). O afloramento de rochas é frequente em áreas de maior inclinação, especialmente próximas aos topos, onde a atuação de processos erosivos ativos pode resultar na exposição da rocha na superfície. Além disso, os Cambissolos podem ocorrer em regiões de menor declividade, sobretudo nos sopés das vertentes, onde também podem ser encontrados depósitos coluviais resultantes da remoção de partículas do solo das porções mais elevadas da vertente.

A dificuldade de mecanização contribui para a predominância da cobertura florestal nessa unidade, tanto em sua forma natural quanto para fins comerciais, como o cultivo de eucalipto. No entanto, em condições geomorfológicas e pedológicas menos restritivas, especialmente em áreas de menor declividade e com solos mais profundos (de 50 cm até 100 cm de espessura), como os Cambissolos, são implantadas outras formas de uso, incluindo pastagens e, com menor frequência, o cultivo de grãos, como soja e milho.

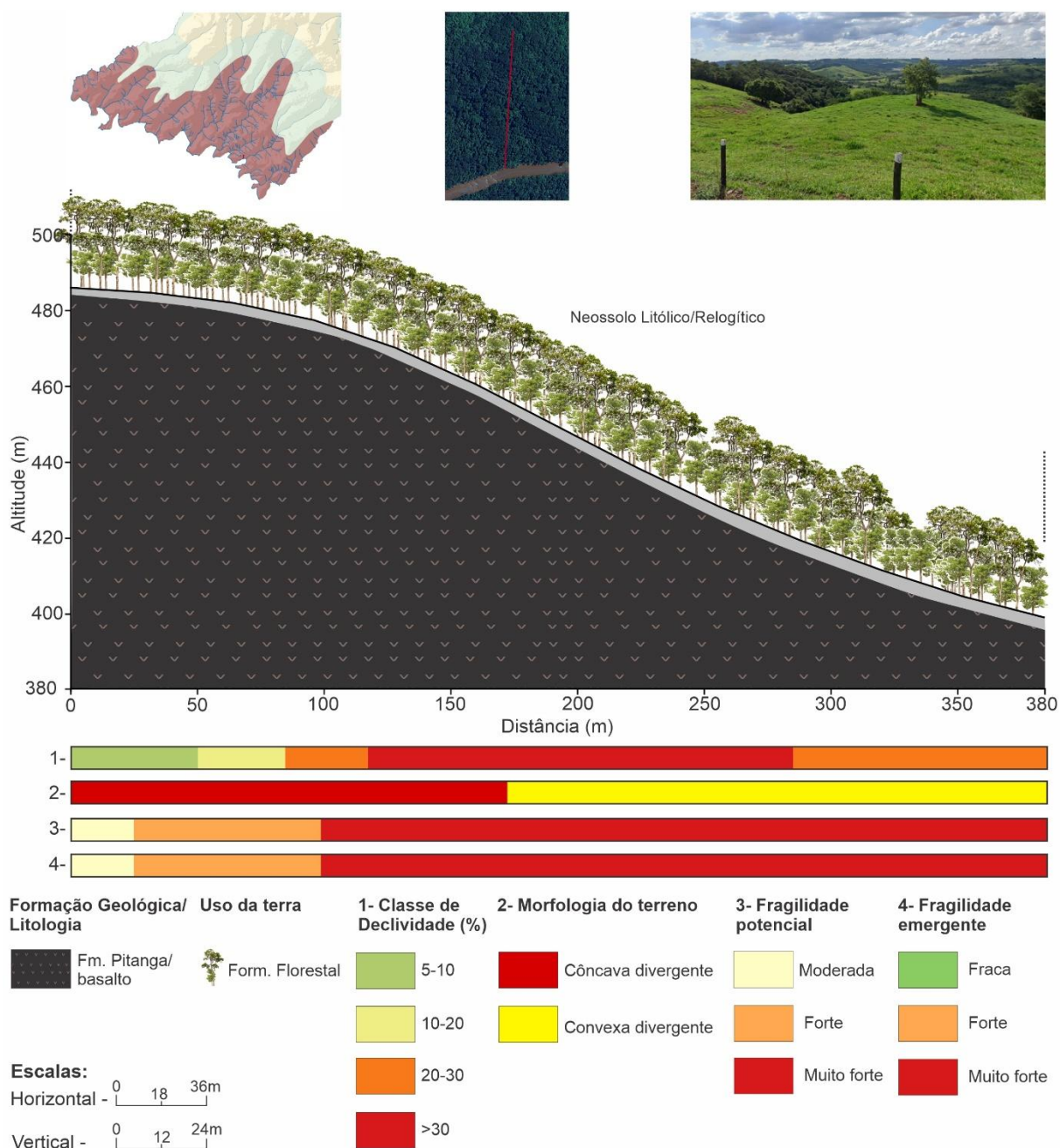


Figura 10 – Perfil geoambiental representativo da UPIII

Fonte: Autores, 2024.

A borda norte da UPIII, em seu contato com a UPII, é caracterizada por mudanças abruptas nos aspectos geoambientais. As vertentes passam a apresentar maior extensão, variação de declividade e rupturas de declive (côncavo-convexo). Em áreas com declividades mais suaves (<10%), formam-se Latossolos Vermelhos de textura argilosa, que apresentam uma transição lateral abrupta para Neossolos

(Litólicos/Regolíticos) à medida que a declividade aumenta (>20%). Como reflexo das características pedológicas, especialmente da profundidade efetiva e das propriedades físicas dos solos, o cultivo de grãos desenvolve-se em áreas onde a mecanização é viável. Já nos locais de baixa vertente, o uso do solo se dá pelas pastagens e formações florestais (Figura 11).

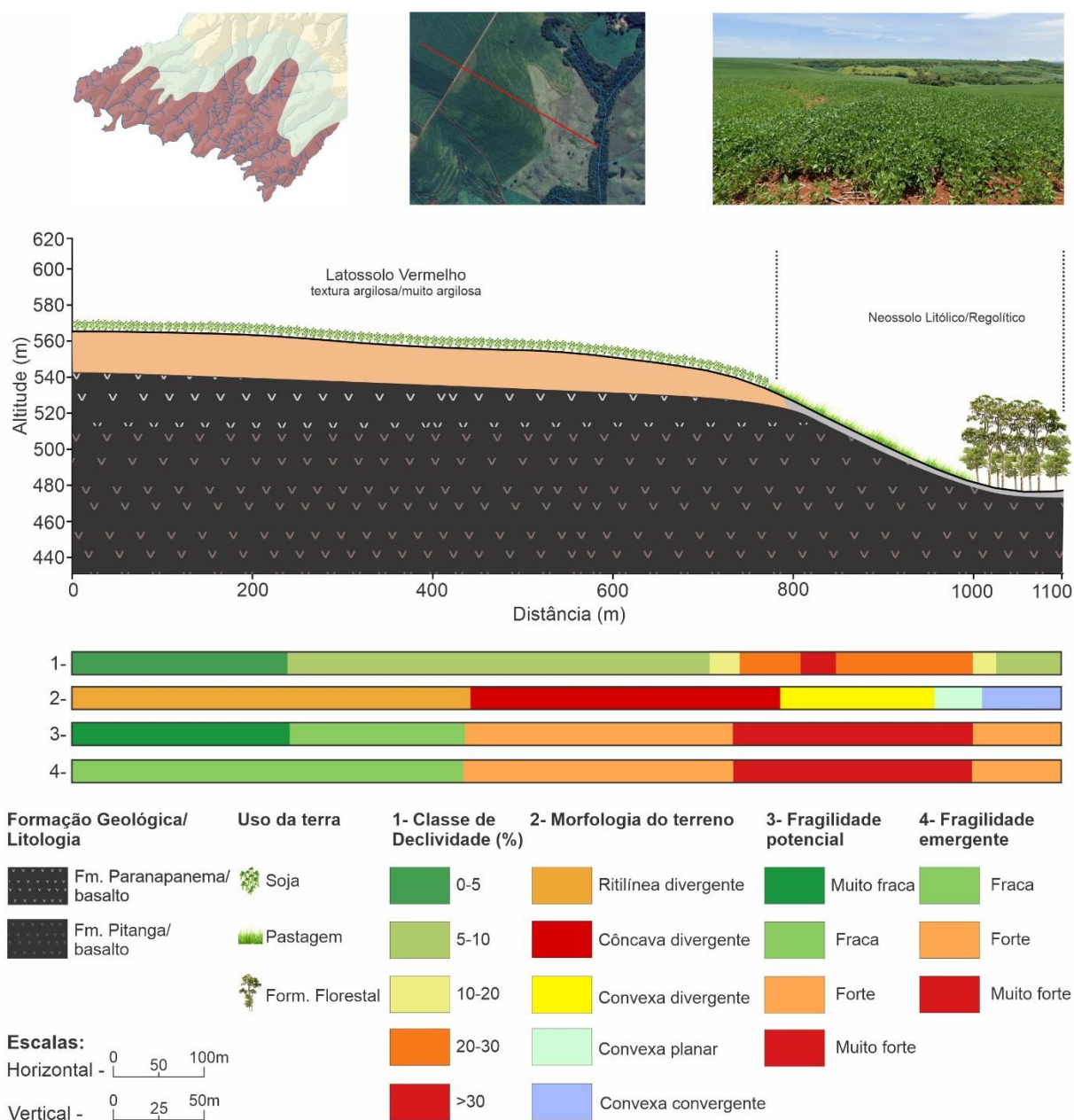


Figura 11 – Perfil geoambiental representativo da borda norte da UPIII

Fonte: Autores, 2024.

Apresentando características semelhantes à estrutura geocológica anterior, mas com mudanças graduais nos aspectos geomorfológicos ao longo da vertente (declividade e morfologia), ocorre a formação de Nitossolos na transição entre Latossolos e Neossolos, demonstrando um sistema pedológico mais evoluído. Devido às suas propriedades físicas ainda mais favoráveis à mecanização, nesse sistema pedológico ocorre a ampliação das áreas destinadas à produção de grãos, quando comparado com o anterior. No entanto, quando ocorrem mudanças abruptas nas variáveis geomorfológicas, especialmente na baixa vertente, o uso florestal torna-se predominante (Figura 12).

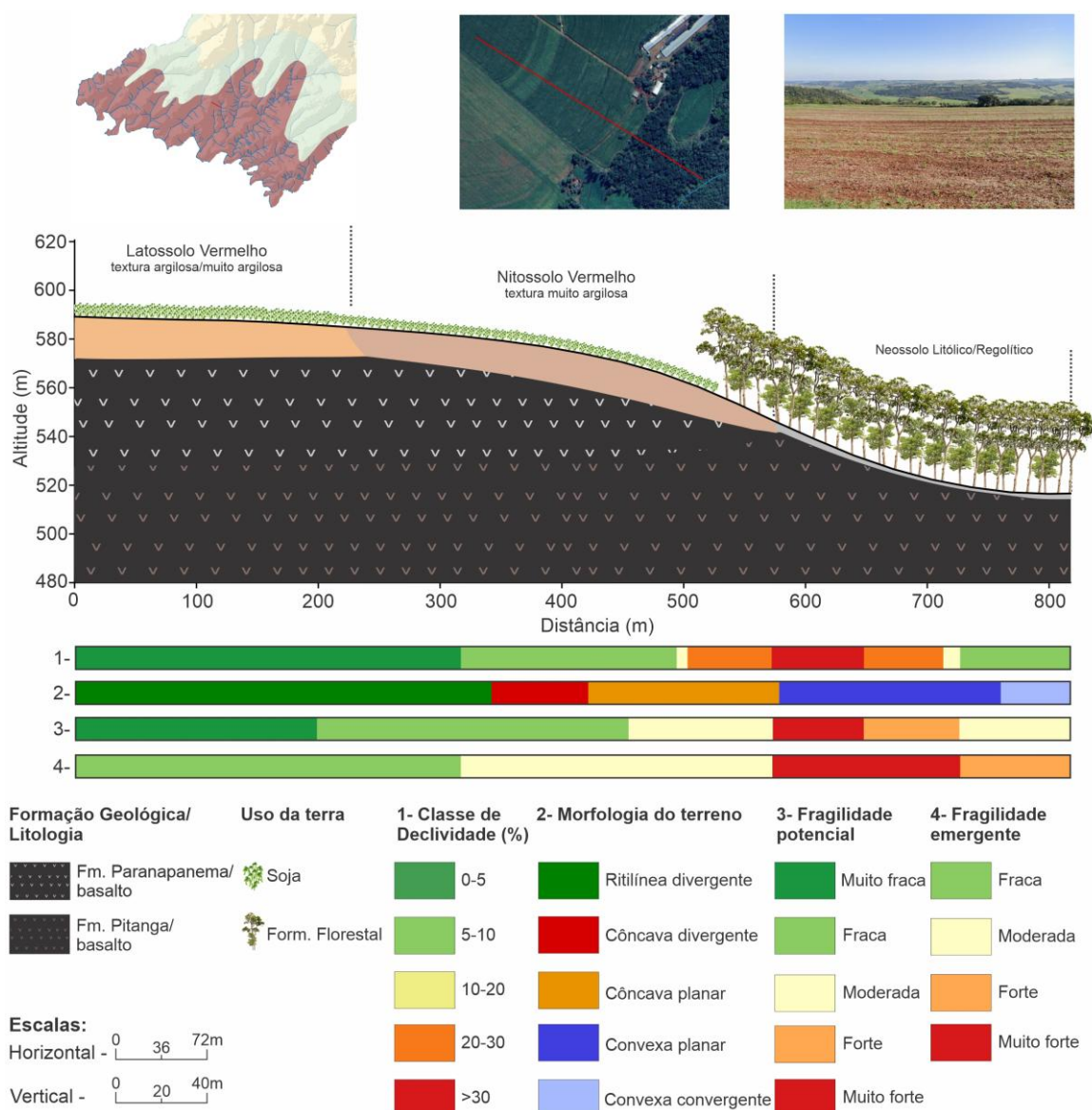


Figura 12 – Perfil geoambiental representativo da borda norte da UPIII, com transição gradual dos aspectos geomorfológicos

Fonte: Autores, 2024.

Em síntese, as discontinuidades litológicas exercem papel central na diferenciação da paisagem no município de Astorga, ocasionando mudanças abruptas entre arenitos e basaltos, bem como entre diferentes formações basálticas. Esse fator geológico influencia diretamente o relevo, correlacionando-se com variações no grau de declividade e na morfologia do terreno. Assim, os fatores responsáveis pela formação dos solos (material de origem e o relevo), determinam a variação espacial dos atributos pedológicos, os quais, por sua vez, impactam as formas de uso da terra e o desenvolvimento econômico municipal, onde a atividade econômica é majoritariamente sustentada pelo setor agropecuário.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise integrada dos elementos estruturais da paisagem permitiu a definição de três macrounidades no município de Astorga. Contudo, necessita-se ainda de um maior nível de detalhamento, especialmente nas áreas de transição, onde as variações são mais complexas.

Em todas as Unidades de Paisagem, as formas de exploração da terra já consideram suas potencialidades. No entanto, as Unidades I e III demandam maior atenção quanto ao seu grau de vulnerabilidade, visando assegurar um uso e manejo mais eficiente, dentro dos limites do ambiente. A superação desses limites pode resultar em problemas ambientais graves, expressos principalmente pelo desenvolvimento de formas erosivas e processos associados, como a perda de nutrientes do solo, redução da produtividade, assim como a eutrofização e assoreamento dos cursos d'água. Portanto, é nessas unidades que devem ser aplicadas técnicas de planejamento ambiental mais rigorosas, seguindo uma visão holística do ambiente.

A UPIII apresenta limitações significativas para a exploração agrícola, especialmente no que se refere à implementação de sistemas mecanizados. No entanto, pode apresentar um elevado potencial para a implantação do ecoturismo, uma nova alternativa econômica, ainda pouco explorada. Todavia, ainda é necessário estudos detalhados, visando identificar as áreas com maior potencial, além daquelas que já estão em funcionamento.

Espera-se que, o diagnóstico da estrutura da paisagem sirva como instrumento de base para o planejamento estratégico municipal, uma vez que permite visualizar de forma integrada os aspectos sociais, ambientais e econômicos, os pilares do desenvolvimento sustentável. Contudo,

faz-se necessário melhorar o nível de detalhamento e a precisão da documentação cartográfica utilizada no mapeamento e na correlação, o que pode possibilitar subcompartimentações mais perceptível, minimizando subjetividades nas decisões interpretativas.

6 AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

7 REFERÊNCIAS

BERTRAND, G. La Science du Paysage, une science diagonale. **Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**, v. 18, p. 127 – 133, 1972.

BERTRAND, G. Le paysage entre la nature et la société. **Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**, v. 49 (2), p. 239 – 258, 1978.

BETTÚ, D. F.; *et al.* Compartimentação estrutural e conectividade dos sistemas aquíferos Caiuá e Serra Geral no Noroeste do Paraná-Brasil. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 24, p. 393-409, 2006.

BONIFÁCIO, C. M. **Fragilidade ambiental e qualidade da água na Unidade Hidrográfica do Pirapó, Paranapanema III e IV, Paraná**. 2019. 205 f. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-Graduação em Geografia, Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2019.

BRITO, R. M; SALINAS CHÁVEZ, E.; GARCIA, P. H. M. La Geoecología de los paisajes como fundamento para la selección, planificación y gestión de Áreas Protegidas: Aspectos teórico-metodológicos. **Revista de Geografía Norte Grande**, n. 83, p. 305-329, 2022.

EMBRAPA. – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de solos. Mapa de Solos do Estado do Paraná. Rio de Janeiro: **EMBRAPA Solos e Florestas**, 2008.

FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. O Grupo Caiuá (Ks): Revisão estratigráfica e contexto deposicional. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 24, n. 3, p. 164-176, 1994.

HORTON, R. E. Erosional Development of streams their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bolletim of the Geological Society of America**, v. 56, p.275-370, 1945.

LICHT, O. A. B.; ARIOLI, E. E. **Mapa Geológico do Grupo Serra Geral no Estado do Paraná: Nota Explicativa**. Curitiba: Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná-ITCG, 2018.

MANOSSO, F. C.; NÓBREGA, M. T. A estrutura geoecológica da paisagem como subsídio a análise geoambiental no município de Apucarana-PR. **Revista Geografar**, v. 3, n. 2, p. 86-116, 2008.

MARCATTO, F. S.; SILVEIRA, H.; CRUZ, G. H. A. A importância do relevo e do manejo agrícola nas transformações pedogenéticas: estudo de um sistema pedológico no norte do Paraná – Sul do Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 44, p. 1-16, 2024

MEDEIROS, R. B.; *et al.* Geoecological diagnosis of landscapes of the Formoso River Watershed, Bonito/MS, Brazil. **Environmental Earth Sciences**, v. 81, n. 6, p. 1-19, 2022.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, v. 1, p. 1-9, 2001.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto. 2 ed., 2000. 127p.

NÓBREGA, M. T.; *et al.* Morfopedologia e dinâmica das paisagens no Noroeste paranaense em face da erosão. Em: SERRA, E.; SILVEIRA, H.; NÓBREGA, M. T. DE (Eds.). **Noroeste paranaense: Paisagem e Desenvolvimento Rural**. PGE 1 ed. Maringá: 1, p. 71-114, 2022.

NÓBREGA, M.T.; *et al.* Landscape structure in the Pirapó, Paranapanema 3 and 4 hydrographic unit, in the state of Paraná, Brazil. **Braz. J. Biol.**, v. 75, n.4, p. 107-119, 2015.

OSCO, L.P.; *et al.* Caracterização dos graus de fragilidades em estados geoecológicos da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pontal do Paranapanema (SP, Brasil). **Pesquisas em Geociências**, v. 44, n. 2, p. 235-253, 2017.

PAULA, E. M. S.; SILVA, E.V. Estrutura e fragmentação geoecológica de paisagem fluvial no baixo rio Xingu–Amazônia Centro-oriental. **Revista GeoNordeste**, n. 1, p. 122-142, 2019.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. **Revista do departamento de geografia**, v. 8, p. 63-74, 1994.

SALINAS CHAVEZ, E.; MEDEIROS, R. B. Propuesta metodológica para la gestión de los paisajes de la cuenca del rio Formoso, Ms/Brasil. **Entorno Geográfico**, n. 27, p. 1-37, 2024.

SERRANO, A. M. Zonificación geoecológica, un criterio para la interpretación y el análisis espacial del paisaje urbano de la ciudad de Morelia. **Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles**, n. 73, p. 343-367, 2017.

TEIXEIRA, G. C.; RIBEIRO, A. S.; MINCATO, R. L. Zoneamento Geoambiental da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Mandu, Sul de Minas Gerais, pela Geoecologia das Paisagens. **Geociências**, v. 37, n. 2, p. 315 - 330, 2018.

VALERIANO, M. M. **TOPODATA: Guia para utilização de dados geomorfológicos locais do projeto de Produtividade em Pesquisa “Modelagem de dados topográficos SRTM”**, CNPq, processo nº 306021/2004-8 (NV). MCTI. INPE. São José dos Campos. SP. 2008.

VALERIANO, M. M.; ROSSETTI, D. F. Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data. **Applied Geography**, v. 32, n. 2, p. 300-309, 2012.

Data de recebimento: 14 de abril de 2025.

Data de aceite: 23 de setembro de 2025.