

## 6 - GEOMORFOLOGIA

### 6.1 - Metodologia e procedimentos técnicos operacionais

Estudo geomorfológico da Área de Influência Direta e, por extensão, da Área Diretamente Afetada pelas atividades do empreendimento Complexo Dois Irmãos, Duas Estrelas e Formosa, foi realizado com o objetivo de caracterizar os processos e os aspectos naturais dos terrenos (morfogênese, morfoescultura e morfodinâmica). Para tanto foram utilizados dados primários e secundários e o seu tratamento, com o objetivo de obter uma melhor compreensão da influência dos fatores naturais (clima, rochas, solos, águas superficiais e subterrâneas e as suas diferentes interações) na evolução do relevo e a sua vulnerabilidade/susceptibilidade aos processos naturais e ações antropogênicas e, a partir disto, buscar a identificação dos impactos socioambientais decorrentes das atividades do empreendimento.

Dados secundários consultados tiveram como fontes principais os trabalhos acadêmicos como dissertações, teses e artigos científicos, além de publicações técnicas, livros, dentre outros. Dados primários foram produzidos ao longo da elaboração deste estudo, sobretudo em levantamentos de campo. A análise e interpretação de fotografias aéreas e mapas topográficos constituíram ferramentas importantes para a identificação e caracterização do relevo de forma abrangente e, de maneira particular, dos processos morfodinâmicos e as feições dos terrenos resultantes nos limites da AID e ADA do empreendimento.

Especial atenção foi dispensada às características do relevo quanto à forma, declividade e comprimento das rampas, fatores estes condicionantes da geração e concentração de escoamento superficial. Tais informações visaram fornecer subsídios para os prognósticos dos possíveis impactos ambientais gerados pelas atividades do empreendimento.

### 6.2 - Aspectos da geomorfologia regional

A região do Triângulo Mineiro faz parte da unidade morfoestrutural denominada "Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná" e da sua subunidade Planalto Setentrional da Bacia do Paraná.

Esta subunidade faz transição com o Planalto Rebaixado de Goiânia, que abrange todo o vale do rio Paranaíba e interliga o Planalto da Bacia Sedimentar do Paraná ao Planalto do Alto Tocantins-Paranaíba ao norte. As características morfoestruturais e morfoesculturais do compartimento Planalto Rebaixado de Goiânia se assemelham às encontradas no segmento da bacia do Paraná, cujos relevos dissecados foram

esculpidos em litologias ígneas (basaltos) e metassedimentares pré-cambrianas diversas (xistos, anfibolitos, quartzitos, filitos, gnaisses, dentre outras) dotadas de feições estruturais que controlam os traçados fluviais.

Tanto esta porção do Planalto Setentrional quanto o Planalto Rebaixado de Goiânia, exhibe formas tabulares de topo convexo com diferentes formas, grandeza e aprofundamento de drenagens fluviais, eventualmente separados por vales de fundo plano e limitados, ora por escarpas erosivas, ora por frentes de *cuesta*.

Segundo RADAM BRASIL (1983), cessada a deposição dos sedimentos Bauru no final do período Cretáceo (65 m.a. B.P.), o Planalto Setentrional da Bacia do Paraná sofreu pelo menos três ciclos denudacionais bem definidos. O primeiro, mais antigo, é representado pelo Pediplano Terciário Inferior, que truncou e expôs as litologias pós-Paleozóicas da Bacia Sedimentar do Paraná. A intermediária é caracterizada pelo Pediplano Pliopleistocênico, que nivelou o compartimento elevado do planalto e diminuiu a espessura da cobertura terciária. E, por último, o ciclo mais recente, representado pelo Pediplano Neo-Pleistocênico que, além de esculpir um compartimento rebaixado no planalto, retocou as superfícies erosivas anteriores.

O Planalto Setentrional da Bacia do Paraná na região do Triângulo Mineiro encontra-se estruturado em dois compartimentos topográficos distintos: um mais elevado, posicionado entre as cotas altimétricas 650 e 1000 metros e o outro, inferior, situado entre as cotas 350 e 650 metros.

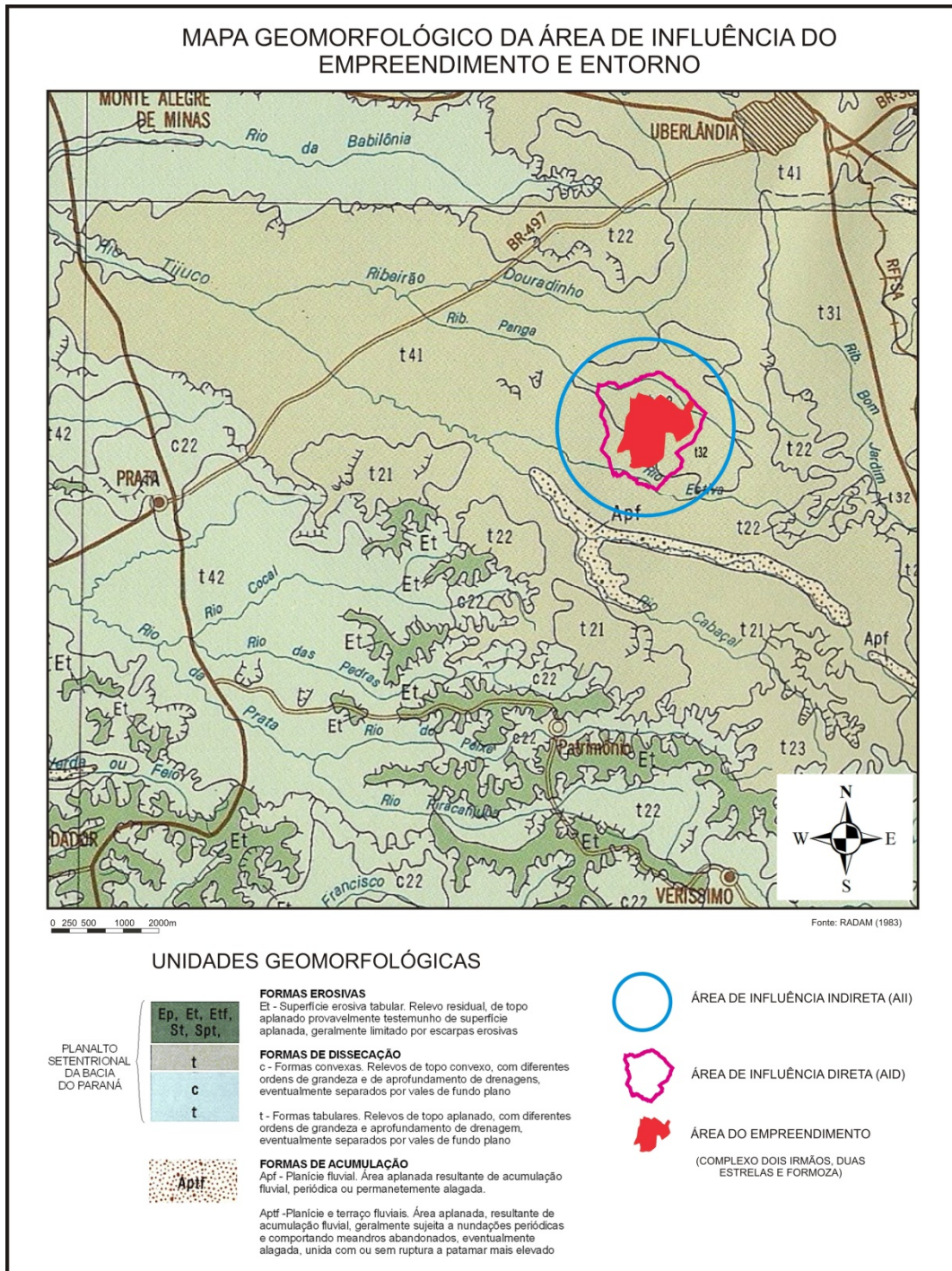
O compartimento inferior faz parte da unidade morfoestrutural denominado Planalto Rebaixado do Paraná, com as formas de relevo esculpidas em basaltos da Formação Serra Geral (Grupo São Bento) e nas litologias sedimentares das formações Adamantina e Marília (Grupo Bauru).

No contexto do compartimento rebaixado destacam-se as feições de superfície erosiva tabular favorecida pelo escoamento de base deficiente em razão da presença do substrato basáltico. Tal condição favoreceu o desenvolvimento das formas de dissecação do relevo de caráter denudacional evidenciadas pela dominância do tipo tabular. Tais feições morfológicas estão representadas no mapa geomorfológico do RADAM (1983) apresentado na Figura 6.2-1.

O empreendimento está localizado em uma porção do compartimento elevado, praticamente na transição com o compartimento inferior, onde as cotas altimétricas variam entre 700 e 850 metros. Este compartimento é representado na área do presente EIA pela bacia do alto-médio curso do rio Tijucu e alto curso do rio Douradinho. Segundo RADAM BRASIL (1983), essa porção do compartimento superior mostra caráter

descontínuo, representado predominantemente por relevos de topos aplanados, com diferentes ordens de grandeza de aprofundamento de drenagens fluviais e eventualmente separados por vales de fundo chato (t). Secundariamente, acha-se presente nessa porção do compartimento elevado uma superfície erosiva tabular, sendo esta constituída por relevos residuais com topos aplanados provavelmente testemunho de superfície aplanada, geralmente limitada por escarpas erosivas.

Figura 6.2-1 – Mapa geomorfológico com inserção da ADA e AID do empreendimento (Fonte: RADAMBRASIL 1983, modificado).



### 6.3 - Compartimentação e unidades de relevo nas áreas de influência do empreendimento

A AID do empreendimento, segundo RADAMBRASIL (1983), encontra-se inserida na área de domínio das formas de dissecação – formas tabulares. Estas geralmente são caracterizadas por relevos de topo aplanado de extensão variável e vales com intensidade de aprofundamento muito fraca (t41) a fraca (t32) e, eventualmente, de fundo plano (Figuras 6.3-1 e 6.3-2).

Figura 6.3-1 – Relevo de topos aplanados (primeiro plano e na linha do horizonte) com intensidade de aprofundamento dos vales fluviais fraco visto a partir da AID do empreendimento.



Figura 6.3-2 - Relevo de topos aplanados com intensidade de aprofundamento dos vales fluviais fraco visto a partir da AID do empreendimento.



## **6.4 - Processos geomorfodinâmicos nas áreas de influência do empreendimento**

### 6.4.1- Processos geomorfodinâmicos de canal

O rio Estiva representa a principal rede de drenagem da AII e AID do empreendimento. Este se caracteriza por apresentar o vale fluvial conformada por vertentes escavadas em arenitos da Formação Adamantina e associado a uma ampla planície de inundação sobre a qual evoluiu um sistema fluvial meandrante. Em parte de seu traçado fluvial as vertentes se mostram assimétricas, com a vertente mais abrupta apresentando uma ruptura de declive na transição da encosta com o fundo de vale. O gradiente fluvial no trecho compreendido na AII pode ser considerado baixo, com cerca de 1m/km, distintamente do acontece com os afluentes da margem direita, com gradientes superiores a 24 m/km.

Já, o rio Panga mostra um gradiente maior em relação o rio Estiva, com valor médio de cerca de 2,6 m/km. O seu vale se apresenta mais estreito e encaixado e as vertentes mais inclinadas.

O divisor de águas entre as bacias do rio Estiva e Panga se desenvolve sobre uma superfície relativamente plana, com suave caimento em direção aos respectivos talwegues fluviais. À medida que se avança em direção aos canais fluviais torna-se notável o aumento da declividade, principalmente a partir das nascentes dos córregos que se dirigem tanto para o Estiva quanto para o Panga.

Baixo gradiente fluvial do rio Estiva no trecho que drena a AII resulta em menor velocidade de suas águas o que, por sua vez, determina uma menor energia fluvial para os processos de transporte de sedimentos e de erosão do leito. Desse modo, predominam os processos deposicionais sobre os transportadores, tanto no canal fluvial quanto na planície de inundação.

Durante os episódios de cheias fluviais as águas do rio Estiva transbordam e invadem parte da planície aluvial e transportam sedimentos para fora do canal. Com a redução gradual da vazão as águas voltam a fluir confinadas nos canais ao mesmo tempo em que ocorre a diminuição gradual da energia fluvial e, naturalmente, a capacidade de transporte de sedimentos. Nesse momento, a carga sedimentar passa a se depositar no talvegue fluvial. Estas duas condições ocorrem periodicamente no trecho de domínio do sistema meandrante do rio Estiva. (Figura 6.4.1-1).

Figura 6.4.1-1- Planície aluvial do rio Estiva em um trecho da AII. Durante as cheias fluviais as águas do rio Estiva invadem a planície aluvial e depositam sedimentos.



Processos erosivos nas vertentes fluviais dos rios Estiva e Panga nas áreas de influência do empreendimento e no seu entorno, predominantemente recobertas por solos arenosos, contribuem com grande volume de sedimentos aos rios Estiva e Panga, condição que favorece ao aumento da carga sedimentar suspensa e arrastada no fundo, principalmente nos episódios de precipitação mais intensa.

#### 6.4.2 - Processos geomorfodinâmicos de encostas

De acordo com Nishiyama (1998), a AID do empreendimento está localizada em unidades de relevo denominadas **Colinas alongadas com topos convexos e vertentes convexas e vale assimétrico de fundo chato (CATC-VC)**.

A unidade de relevo CATC-VC é representada por colinas alongadas e amplas, de topos convexos e perfil de encosta convexo. Esta unidade ainda se caracteriza por apresentar uma baixa simetria do vale fluvial.

O segmento convexo de topo corresponde à porção superior que abrange toda porção mais elevada dos divisores de águas (Figura 6.4.2-1). O segmento convexo de encosta é representado pela porção da vertente fluvial, geralmente com maior declividade, situada entre a planície de inundação e o segmento convexo de topo (Figura 6.4.2-2).

Figura 6.4.2-1 – Topo convexo na porção de divisor de águas.



O substrato rochoso nas vertentes fluviais é constituído de arenitos da Formação Adamantina que, na AID/ADA do empreendimento, podem se apresentar em camadas com variações texturais e de resistência mecânica ao longo do perfil vertical em razão da presença de níveis com maior porcentagem de partículas de silte e argila e/ou maior intensidade de cimentação pelo carbonato de cálcio.

As vertentes fluviais mostram rampas muito longas, cujos valores variam de 2 e 6,5 km no sentido dos canais principais, no caso o Estiva e Panga, e 1,5 a 3,5 no sentido dos talwegues de 3ª ordem dos córregos afluentes (Figura 6.4.2-2). As declividades variam de muito baixa a moderada-alta (entre 1,5% a 12%) e perfil predominantemente convexo. Os processos geomorfodinâmicos que predominam no segmento convexo de encosta são principalmente os degradacionais, representados pelos processos erosivos e de transporte de sedimentos para as partes baixas das encostas.

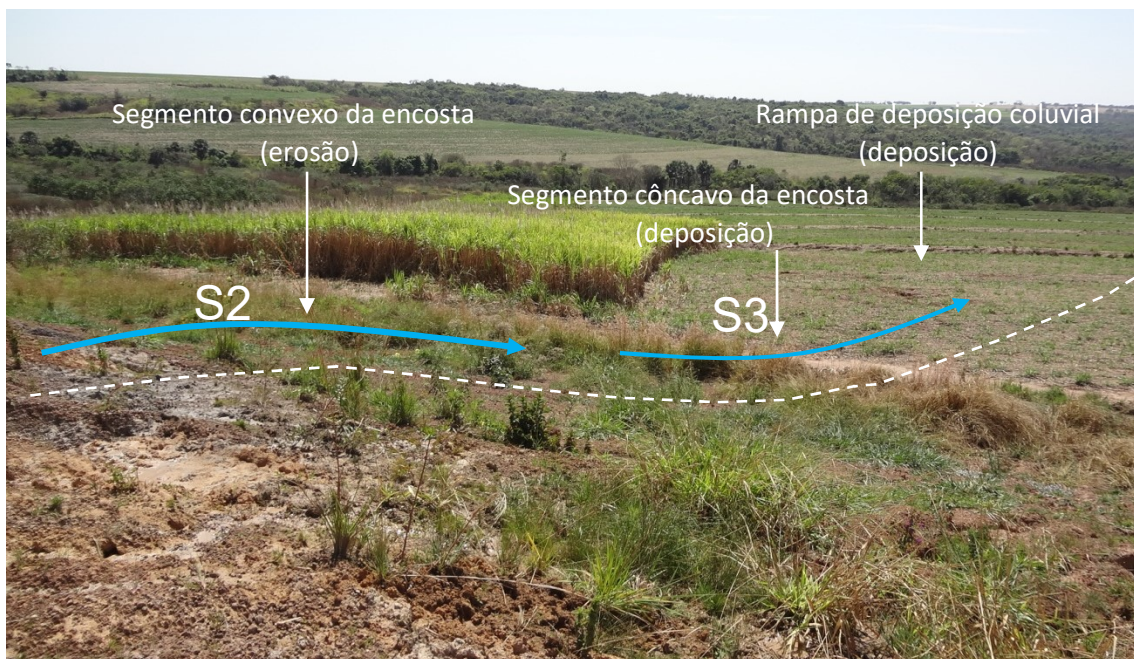
Figura 6.4.2-2 – Vertentes fluviais com rampas muito longas e recobertas por solos arenosos.



A evolução de encostas com perfil convexo no topo da unidade **CATC-VC** é indicativo de presença de materiais sedimentares de resistência relativamente homogênea aos processos de desagregação mecânica (arenitos).

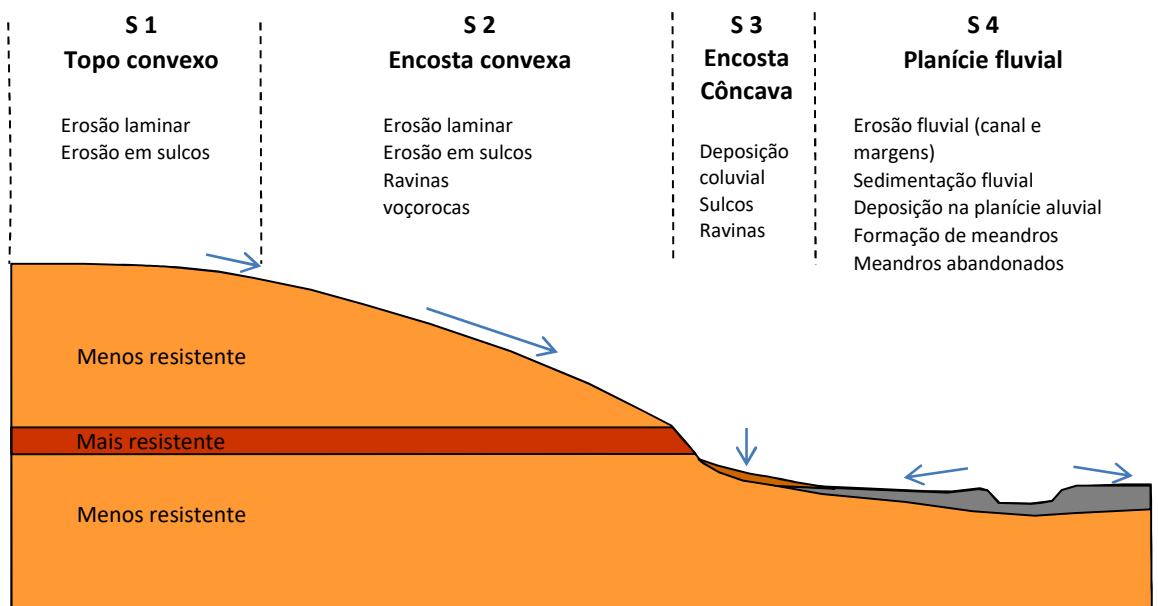
Já, o segmento convexo de ambas vertentes fluviais, até praticamente no limite com o fundo de vale, é constituído por litologias de resistências mecânicas variáveis (camadas), possivelmente arenitos com diferentes graus de cimentação ou intercalação de níveis mais ou menos argilosos. A existência de níveis com menor resistência aos agentes geomorfodinâmicos propicia o desenvolvimento de superfícies convexas seguidas de côncavas (S3) recobertas materiais coluviais (alocenes/transportados), ilustrado na Figura 6.4.2-3. Já, nos segmentos de maior resistência mecânica resulta no desenvolvimento de perfil retilíneo-convexo. De uma maneira geral o segmento de perfil convexo se encontra recoberto materiais pedológicos autoctenes/residuais (S1 e S2).

Figura 6.4.2-3 - Encosta convexa seguida de côncava em decorrência da existência de uma camada mais resistente logo abaixo.



A Figura 6.4.2-4, a seguir representa um perfil de encosta com segmentos que se diferenciam na forma do perfil e na declividade, o que influencia a dinâmica dos processos atuantes:

Figura 6.4.2-4 – Representação esquemática da geometria dos segmentos de encostas da unidade **CATC-VC** na AID do empreendimento e os principais processos geomorfodinâmicos atuantes (Elaboração: Nishiyama, 2023) .



No trecho final da vertente do vale fluvial (S3) a inclinação tende a ser mais suave, com valores no intervalo de 2 a 8%. Neste segmento a faixa de colúvio se torna mais espessa, podendo chegar a valores próximos de 5 metros, enquanto que a sua largura, mensurada em imagens de satélite e fotografias aéreas, pode chegar a 300 metros.

Tais depósitos são formados por sedimentos mobilizados das porções convexas de topo (S1) e convexas de encosta (S2) pela ação das águas pluviais (erosão e transporte). Em razão da uniformidade da superfície do terreno, exceto em algumas porções que mostram certa rugosidade superficial, estima-se que a espessura média desses depósitos coluviais seja inferior a 3 metros nesse segmento de encosta.

Em termos de processos geodinâmicos, os processos erosivos são dominantes na área de ocorrência da unidade **CATC-VC** na AID do empreendimento. Essa constatação tem suporte na observação de evidências, nas imagens de satélite e diretamente no campo, de erosão laminar e feições lineares do tipo sulcos, ravinas e, em alguns casos voçorocas, que se desenvolvem ou se desenvolveram em solos arenosos derivados de arenitos da Formação Adamantina, sejam estes residuais ou transportados.

Segundo CREPANI et al (2001), diversos fatores naturais locais influenciam o processo de erosão, tais como: (a) o clima (quantidade de chuva e intensidade); (b) pedologia (tipo de solo); (c) geomorfologia (formas do relevo, declividade e comprimento de encostas); (d) geologia (tipo de rocha); e (e) cobertura e uso do solo (cobertura vegetal). Estes fatores, segundo o referido autor, não agem separadamente, mas sim combinados.

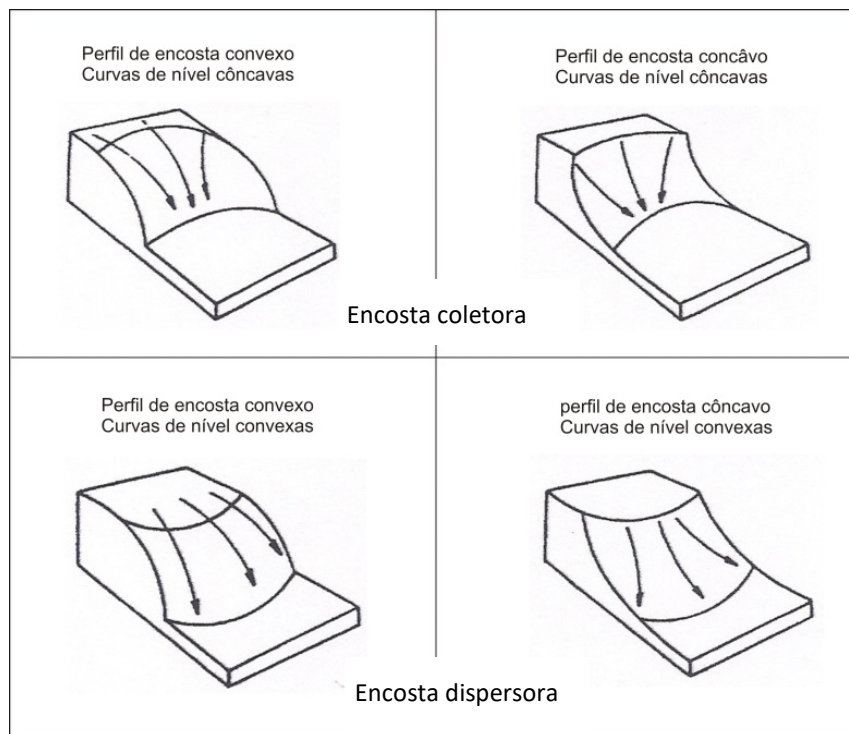
### 6.4.3 - Fatores intervenientes nos processos erosivos

RODRIGUES (1982) atribui a três principais componentes do relevo como os fatores do desenvolvimento da erosão do solo, a saber: **forma; comprimento e declividade das encostas**. Considera que o grau de declividade é o fator topográfico mais relevante no desenvolvimento dos fenômenos erosivos acelerados.

- Formas de encostas

Segundo TROEH (1965), as formas de encostas representam produtos da associação da curvatura do perfil longitudinal da encosta com as curvas de nível, resultando em quatro tipos possíveis, conforme apresentados na Figura 6.4.3-1, a seguir:

Figura 6.4.3-1 – Formas de encostas possíveis segundo TROEH, 1965.



RODRIGUES (1982) associou diferentes tipos de erosão às formas das encostas definidas por Troeh (1965). Cita que, principalmente as encostas convexas coletoras e, secundariamente as encostas convexas dispersoras, são mais favoráveis ao desenvolvimento de voçoroca. Às encostas côncavas, dispersoras ou coletoras, o referido autor associa uma condição menos propensa ao desenvolvimento desse tipo de feição erosiva.

FIORI & SOARES (1976), em estudos realizados em voçorocas de diferentes regiões do Estado de São Paulo verificaram que, dentre as diversas condições que favorecem esse tipo de erosão, as encostas convexas coletoras representam 95% dos casos.

No caso específico da AID do empreendimento as encostas são do tipo dispersora (perfil de encosta convexo e curvas de nível convexas). Embora esta forma de encosta segundo TROEH (1965) seja menos favorável ao desenvolvimento de feições erosivas lineares (sulcos, ravinas e voçorocas), condições específicas nas encostas, como presença de nascentes, podem modificar localmente a geometria (forma) da encosta. Desse modo a encosta pode assumir a forma côncava e curvas de nível côncavas, o que representa uma condição local coletora de águas pluviais (concentadora).

Diversas voçorocas que se desenvolveram nas encostas da AID e da ADA tiveram como ponto inicial de incisão erosiva a nascente. Além da forma da encosta, outros fatores favorecem ao desenvolvimento de feições erosivas lineares: presença de um lençol freático raso na encosta ou no entorno da nascente; solo hidromórfico (maior erodibilidade) e maior declividade.

- Comprimento das encostas

Comprimento de encosta é definido como a distância que vai do ponto de origem do escoamento superficial até o ponto onde a inclinação diminui e começa a deposição de sedimentos ou até o ponto onde o escoamento atinge uma rede de drenagem fluvial (SMITH & WISCHMEIER, 1957).

O aumento no comprimento de uma encosta leva a um aumento de volume do escoamento superficial. Conseqüentemente, aumenta a capacidade erosiva do fluxo da água de escoamento.

MARQUES et al. (1961) ao realizarem mensurações em rampas de 25, 50 a 100 metros de extensão no período compreendido entre 1945 e 1959 verificaram que, quando se quadruplica o comprimento da rampa, a perda do solo por unidade de área também é multiplicada por 4. Do mesmo modo, dobrando-se o comprimento do lançante, o volume de água de escoamento aumenta em 50%.

Na AID e ADA do empreendimento o comprimento das encostas varia entre 400 e 3.500 metros, condição esta que permite classificá-las como encostas longas (Figuras 6.4.3-2 e 6.4.3-2).

Como se pode notar pelos valores obtidos, as características naturais da área são favoráveis ao desenvolvimento de feições erosivas tanto lineares (sulcos, ravinas e voçorocas) quanto em lençol (laminar).

Figura 6.4.3-2 – Encostas córrego Santa Maria, afluentes do rio Estiva, na porção localizada na ADA do empreendimento.



Figura 6.4.3-3 – Encostas córrego Cachoeira d'Água, afluente da margem esquerda do córrego Santa Maria, na ADA do empreendimento. Atentar para a extensão da vertente fluvial.



- Declividade

Para CREPANI (2001), a declividade tem relação direta com a velocidade de transformação da energia potencial em energia cinética (energia de movimento). Em outros termos isto quer dizer: quanto maior a declividade maior será a velocidade da massa de água e, conseqüentemente, a sua capacidade de erosão e transporte.

- Tipo de solo

Segundo GUERRA (1999), as propriedades físicas dos solos tem influência direta na erosão, a saber: textura; estrutura; permeabilidade; densidade, além de suas propriedades químicas, composição mineralógica e quantidade de matéria orgânica. Estas propriedades refletem na maior ou menor susceptibilidade do solo à erosão, também conhecida como erodibilidade.

No caso específico da AID e ADA do empreendimento, existência de um substrato rochoso (arenitos da Formação Adamantina) com coeficiente de permeabilidade (k) variável dependendo da presença de camadas mais ou menos permeáveis (arenitos e arenitos argilosos) mantém a água do lençol freático relativamente raso. Soma-se a estas condições, solos com espessura variável entre 2 e 5 metros e permeabilidade relativamente baixa, cujo valor máximo obtido por SILVA (2014) em seu trabalho de Dissertação de Mestrado foi de  $7,42 \times 10^{-4}$  e o mínimo de  $6,18 \times 10^{-5}$  cm/s.

- Cobertura vegetal e uso do solo

A cobertura vegetal é um importante fator que influencia o processo de erosão, pois determina o grau de proteção do solo. Segundo CREPANI et al (2001) e GUERRA (1999), a ação da cobertura vegetal na proteção dos solos se dá de diferentes maneiras: (a) evita o impacto direto das gotas da chuva; (b) impede a compactação do solo, conseqüentemente aumenta a sua capacidade de absorção de água; (c) aumenta a capacidade de infiltração da água da chuva no solo por difusão do fluxo; e (d) suporta a vida silvestre, aumentando a porosidade e a permeabilidade.

## **6.5 – Processos hidrológicos na AID e ADA do empreendimento**

### **6.5.1 – Processos hidrológicos por ação das águas pluviais**

Feições erosivas laminar e lineares (sulco, ravina e voçoroca) podem ser notadas tanto na AID quanto na ADA do empreendimento. As feições erosivas de maior desenvolvimento vertical, no caso as voçorocas ocorrem preferencialmente em áreas onde o uso do solo se deu pela pastagem (em épocas anteriores). Atualmente, graças ao trabalho mais eficiente de conservação de solo em áreas ocupadas pela agricultura de ciclo anual, não se observa mais este tipo de feição erosiva.

As Figuras 6.5.1-1 a 6.5.1-5 mostram que as feições erosivas de maior desenvolvimento vertical e horizontal, sob a forma de ravinas e voçorocas, hoje estabilizadas, se desenvolveram preferencialmente em encostas com perfil convexo e curvas de nível

côncavas, ou seja, encosta do tipo coletora, em concordância com as formas de encostas apresentadas por TROEH (1965).

Figura 6.5.1-1 – Feição erosiva linear do tipo ravina que se destacam na paisagem local da AID do empreendimento, em áreas ocupada por pastagem.

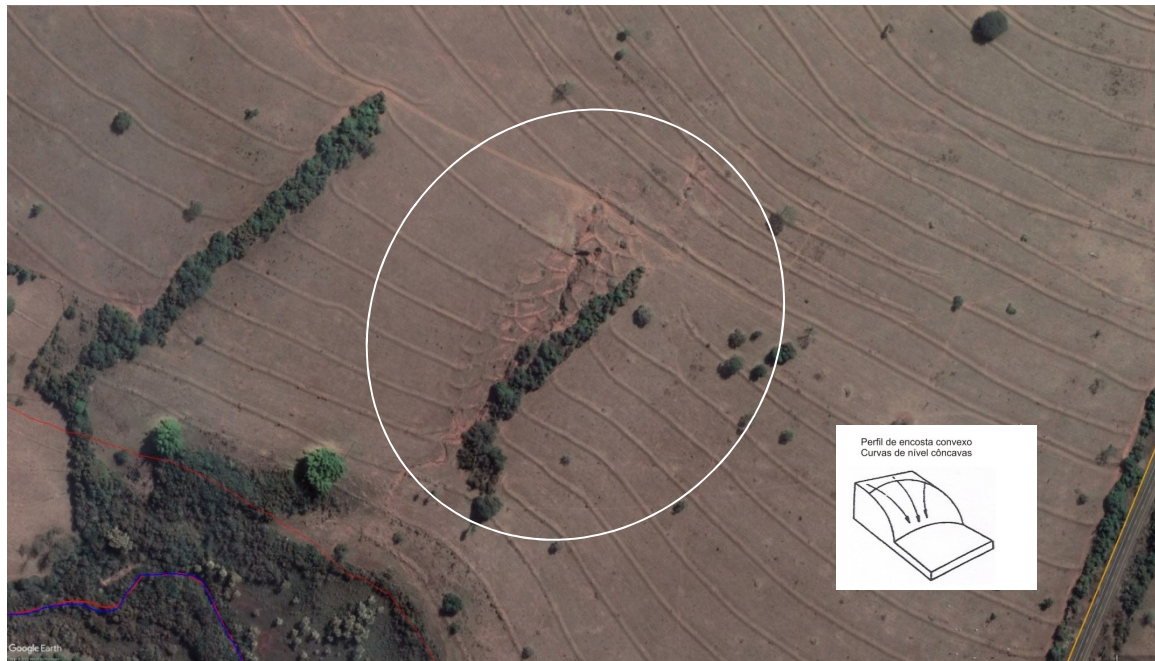


Figura 6.5.1-2 – Cicatrizes de feições erosivas lineares do tipo voçoroca, atualmente estabilizadas, localizadas na AID do empreendimento, possivelmente em área ocupada por pastagem em alguma época do passado.

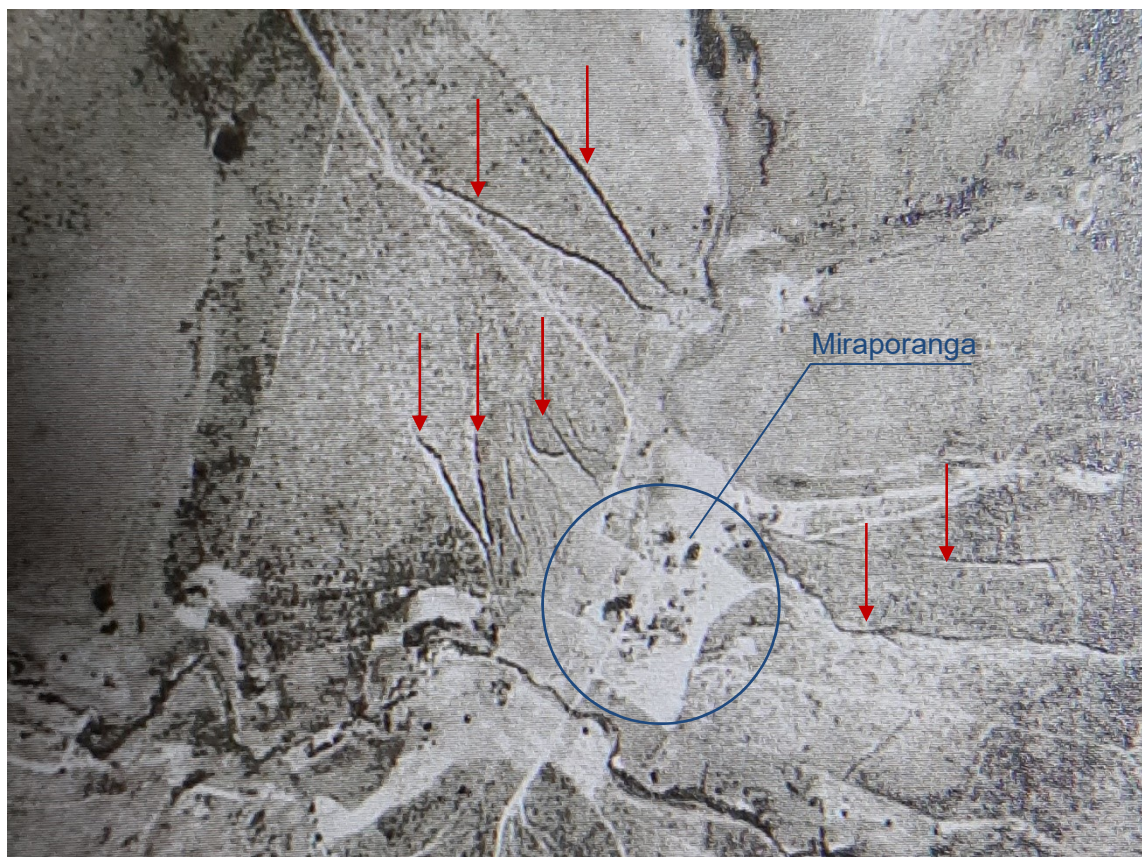


Figura 6.5.1-3 – Cicatrizes de feições erosivas lineares do tipo voçoroca, ativas no passado, visíveis na AID do empreendimento, com possível desenvolvimento em área ocupada por pastagem.



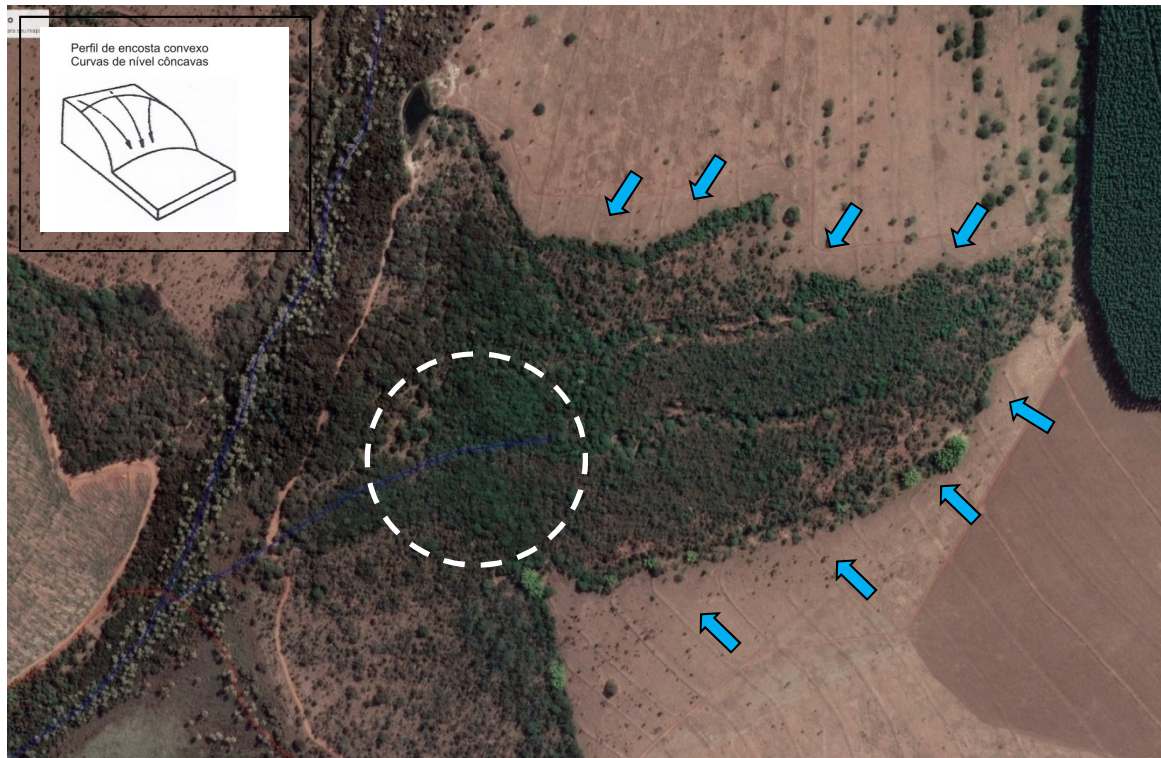
A Figura 6.5.1-4 apresenta uma imagem aérea do ano de 1964, obtida em levantamento foto-aerogramétrico realizado pela USAF (Força Aérea dos Estados Unidos), a qual mostra as erosões vistas nas figuras 6.5.1-2 e 6.5.1-3 há cerca de 60 anos.

Figura 6.5.1-4 - Imagem aérea do ano de 1964 mostra as mesmas erosões das figuras 6.5.1-2 e 6.5.1-3 (indicadas por setas).



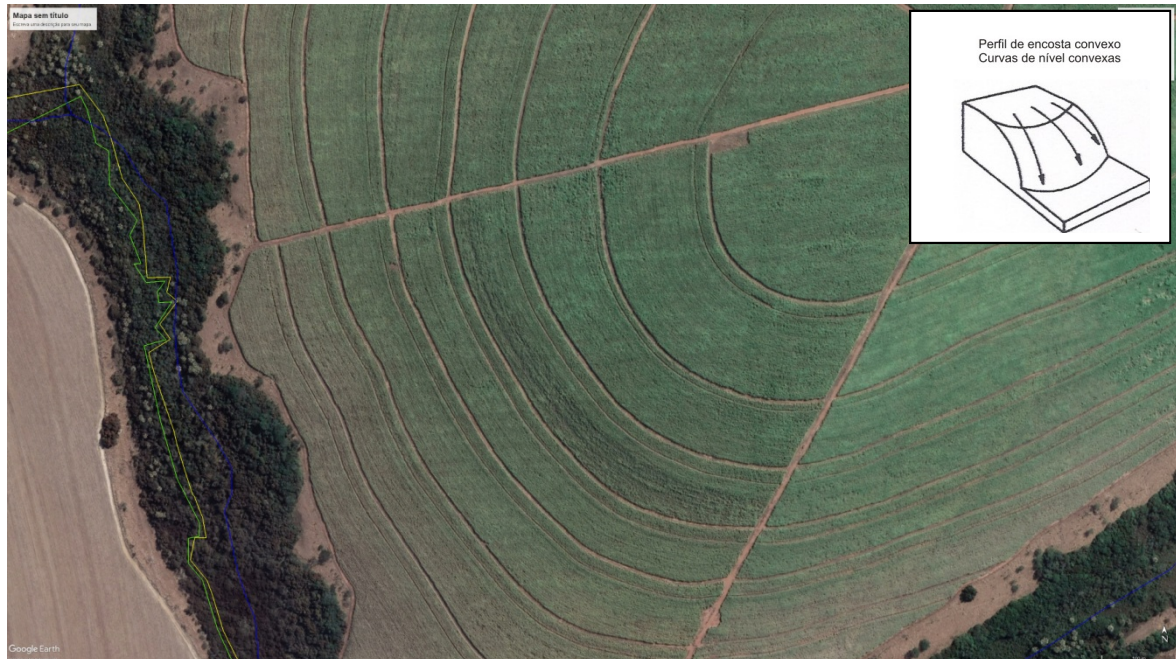
A Figura 6.5.1-5, a seguir mostra em detalhe uma voçoroca desenvolvida em encosta de perfil convexo e curvas de nível côncavas, do tipo coletora (TROEH, 1965). É possível observar na figura que os fluxos de águas pluviais representados pelos sulcos erosivos convergem para uma linha central, onde se desenvolveu a voçoroca.

Figura 6.5.1-5 – Voçoroca antiga localizada na All desenvolvida a partir de uma nascente em encosta. Notar para as curvas de nível (camalhões em nível) apresentam formas côncavas em encosta de perfil convexo. O círculo pontilhado representa a área da antiga nascente e as setas azuis indicam o movimento das águas pluviais.



Na Figura 6.5.1-6 pode-se observar que as erosões laminar e por sulcos também podem ocorrer em encostas do tipo convexas e curvas de nível convexas, isto é, do tipo dispersora de fluxo, conforme o modelo de TROEH (1965).

Figura 6.5.1-6 – Encosta com perfil convexo e curvas de nível convexas (forma dispersora). Esta forma de encosta é muito comum na ADA do empreendimento (fonte Google Earth).



Presença de feições erosivas tanto na AID quanto na ADA, ainda que estas tenham evoluído em épocas passadas, comprova a elevada susceptibilidade à erosão (erodibilidade) do solo local sob condições de chuvas concentradas (erosividade) e do tipo de uso do solo (pastagem/agricultura anual).

O volume de solo mobilizado de porções afetadas pela erosão no sentido descendente da encosta, ao atingir o fundo de vale dos rios Estiva, Panga e dos córregos afluentes na ADA, promove o assoreamento dos canais e dos fundos de vale.

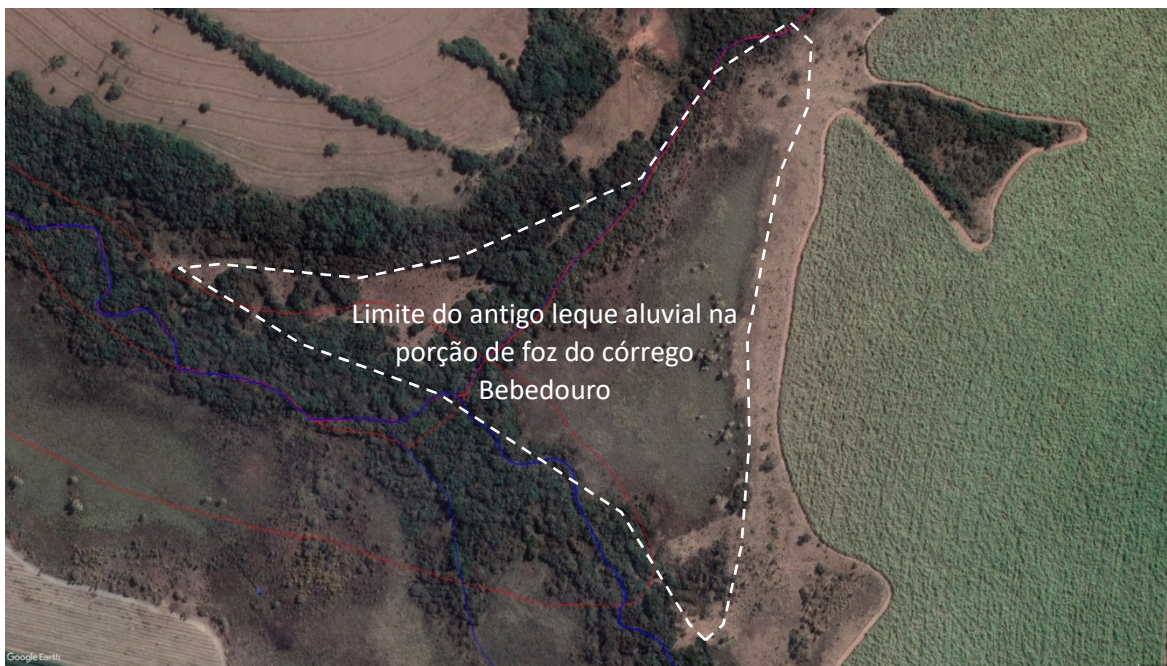
A Figura 6.5.1-7 mostra um trecho do córrego Santa Maria, afluente da margem direita do rio Estiva, em porção da ADA, evidências de assoreamento ocorrido em alguma época no passado. Nesse trecho de fundo de vale a vegetação pretérita constituída de gramíneas foi parcialmente soterrada por sedimentos e, em seu lugar, formaram-se bancos de areia. Atualmente, as gramíneas higrófilas de regeneração recobrem os depósitos de materiais sedimentados.

Figura 6.5.1-7 – Deposição de sedimentos em fundo de vale do córrego Santa Maria provenientes das encostas atingidas por processos erosivos.



Na Figura 6.5.1-8 observa-se evidências de leque aluvial formado em uma época pretérita, junto a AID do empreendimento, constituído por sedimentos transportados e depositados pelo córrego Bebedouro, afluente da margem direita do rio Estiva.

Figura 6.5.1-8 – Evidências de um leque aluvial, formado em épocas passadas por deposição de sedimentos transportados pelo córrego Bebedouro, junto ao limite da encosta do vale fluvial com a planície de inundação.



O desenvolvimento de uma ampla planície aluvial no rio Estiva na porção que compreende a AID do empreendimento se deve à presença do substrato rochoso pouco

permeável em subsuperfície, o qual determina um nível de base local. As Figuras 6.5.1-9, 6.5.1-10, 6.5.1-11 e 6.5.1-12 apresentam esquematicamente uma seção geológica onde se pode notar a influência desse substrato constituído de basaltos da Formação Serra Geral sob os depósitos aluviais ou arenitos da Formação Adamantina.

Quanto à cobertura pedológica presente nas vertentes fluviais dos rios Estiva e Panga, predominam os tipos residuais de textura arenosa nas porções de topo e solos transportados de natureza coluvial no terço inferior em contato direto com os depósitos aluviais. Tanto o solo residual quanto o transportado é geneticamente relacionado aos arenitos da Formação Adamantina.

Figura 6.5.1-9 – Perfil topo-geológico esquemático abrangendo os vales dos rios Estiva e Panga. A ocorrência de uma ampla planície aluvial no rio Estiva se deve à presença de basaltos da Formação Serra Geral em subsuperfície, distintamente do rio Panga, onde o basalto se encontra mais profundo (Elaboração: Nishiyama, 2023).

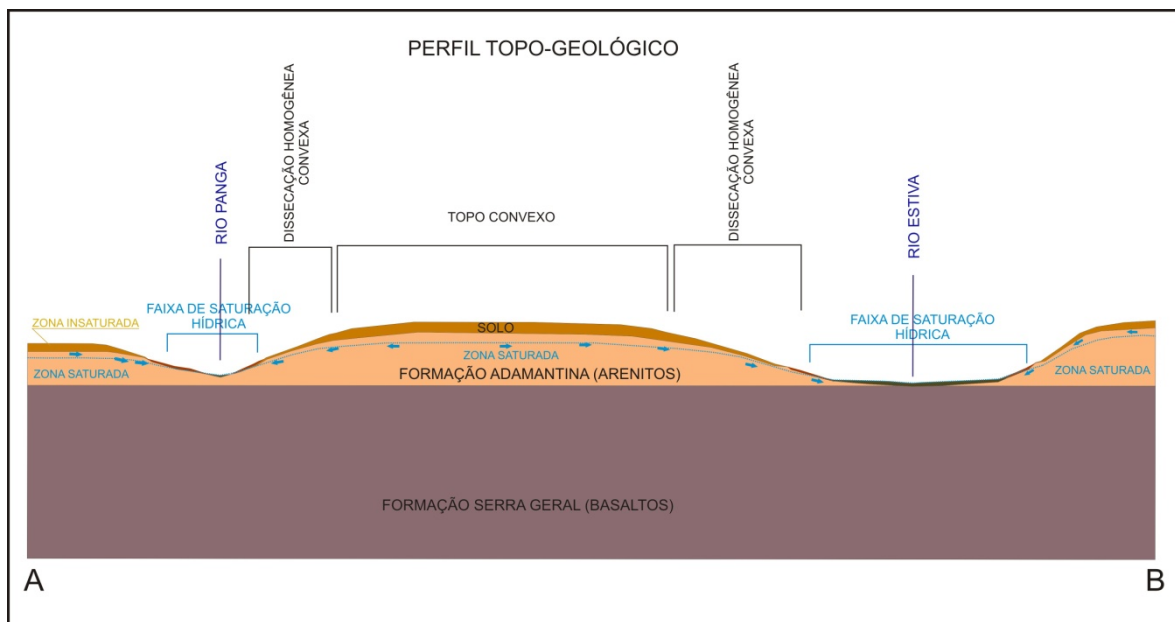


Figura 6.5.1-10 – Porção de topo convexo na ADA do empreendimento recoberta por solo arenoso derivado de arenitos da Formação Adamantina.



Figura 6.5.1-11 – Porção de dissecação homogênea convexa na ADA do empreendimento recoberta por solo derivado de arenitos da Formação Adamantina.



Figura 6.5.1-12 – Porção de fundo de vale do córrego Santa Maria hidricamente saturada e recoberta por sedimentos alúvio-coluviais. A Saturação hídrica permanente se deve à presença de basaltos da Formação Serra Geral logo abaixo, os quais impedem a percolação da água freática para níveis mais profundos.



#### 6.5.2 – Processos hidrológicos por ação das águas subterrâneas

Densidade de drenagem média tanto na ADA quanto na AID reflete um substrato rochoso com coeficiente de permeabilidade relativamente baixo constituído de arenitos finos da formação Adamantina com maior porcentagem de finos (silte e argila) no perfil vertical. Litologias com tais características dificultam a infiltração da água pluvial e percolada. Ainda, a presença de basaltos da Formação Serra Geral na porção de fundo de vale, em subsuperfície, também retarda o movimento descendente da água percolada através dos arenitos.

Apesar de determinados níveis de arenitos da Formação Adamantina apresentarem coeficientes de permeabilidade relativamente elevados, outros, sobretudo aqueles mais argilosos, podem retardar a percolação da água. A ocorrência destes níveis menos permeáveis propicia o desenvolvimento de uma zona de saturação “suspensa”, conforme pode ser vista nas Figuras 6.5.2-1, 6.5.2-2 e 6.5.2-3, a seguir:

Figura 6.5.2-1 – Desenvolvimento de área úmida no fundo de vale do córrego Santa Maria (ADA) e em porção elevada do relevo local devido a presença de níveis menos permeáveis (arenitos argilosos) da Formação Adamantina (indicada pelas setas azuis).

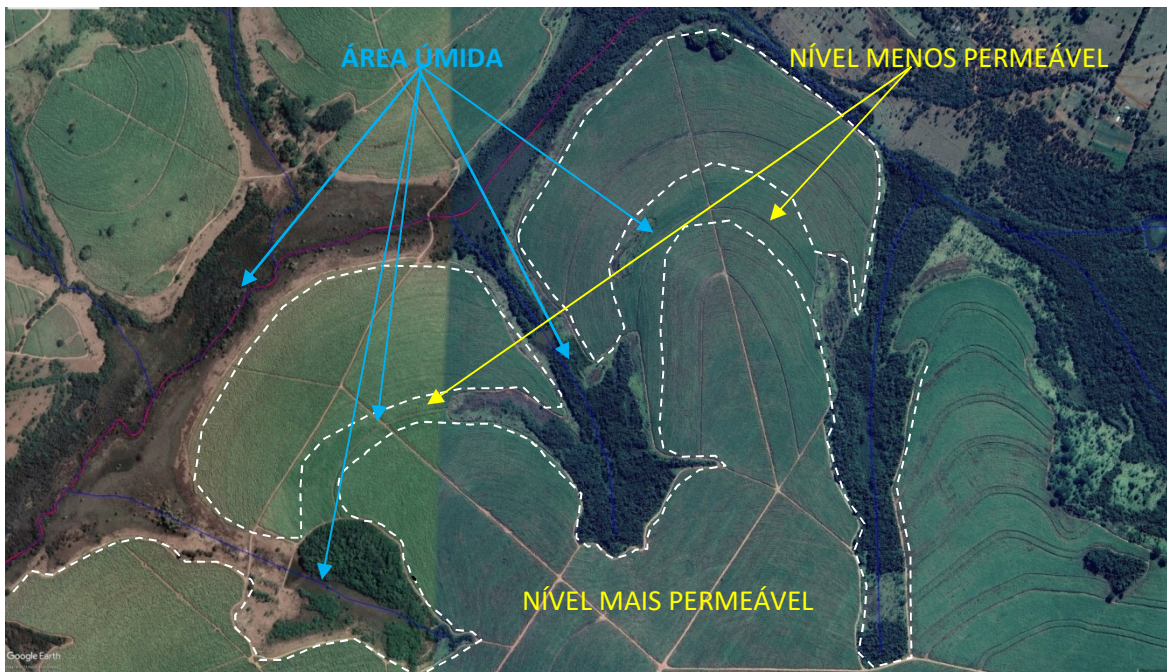


Figura 6.5.2-2 – Desenvolvimento de área úmida em uma porção do vale do córrego Santa Maria (ADA) devido à presença de níveis menos permeáveis de arenitos argilosos da Formação Adamantina.

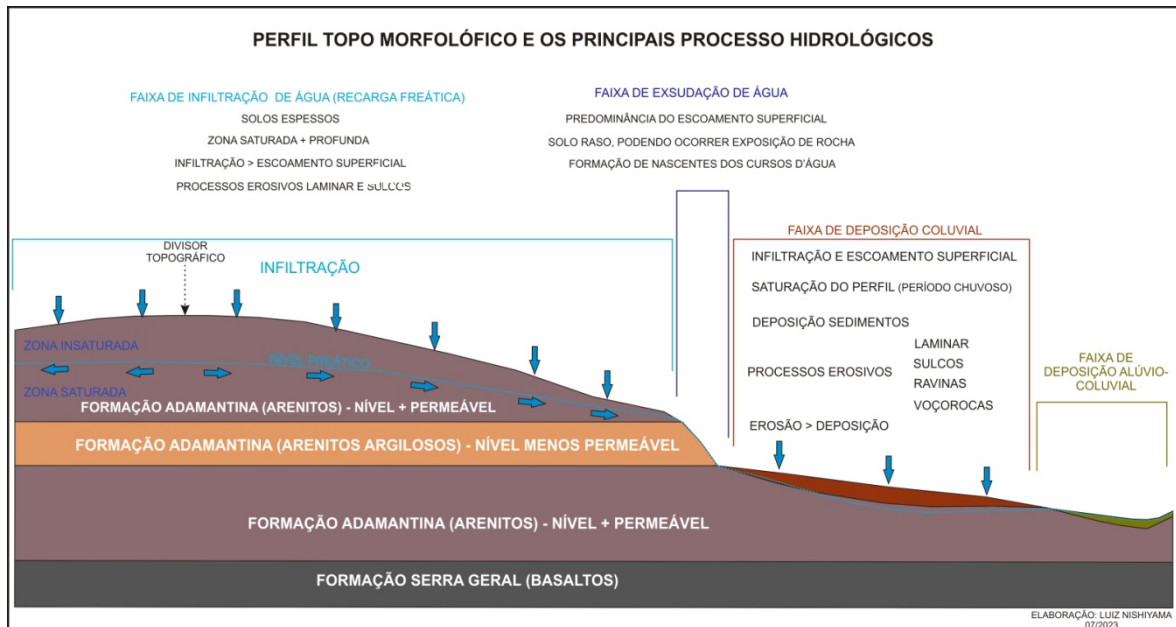


6.5.2-3 – presença de água do lençol freático em pequena profundidade em razão da presença de arenitos argilosos e/ou arenitos com cimentação carbonática logo abaixo.



A Figura 6.5.2-4 ilustra esquematicamente, por meio de um perfil topogeológico, os movimentos da água freática e os processos hidrológicos de encosta decorrentes.

Figura 6.5.2-4 – Movimentos da água ao longo de um perfil de encosta e os processos hidrológicos (Elaboração: Nishiyama, 2023).



A retenção subsuperficial das águas percoladas através de arenitos gera amplas áreas úmidas na porção de fundo de vale dos rios Estiva e Panga. Estas se prolongam em direção as encostas dos vales fluviais, conforme podem ser observados na Figura 6.5.5-3, a seguir:

Figura 6.5.2-5 – Área úmida desenvolvida pela existência de um substrato pouco permeável em subsuperfície (basaltos) na AID do empreendimento – rio Estiva (Fonte: Google Earth).



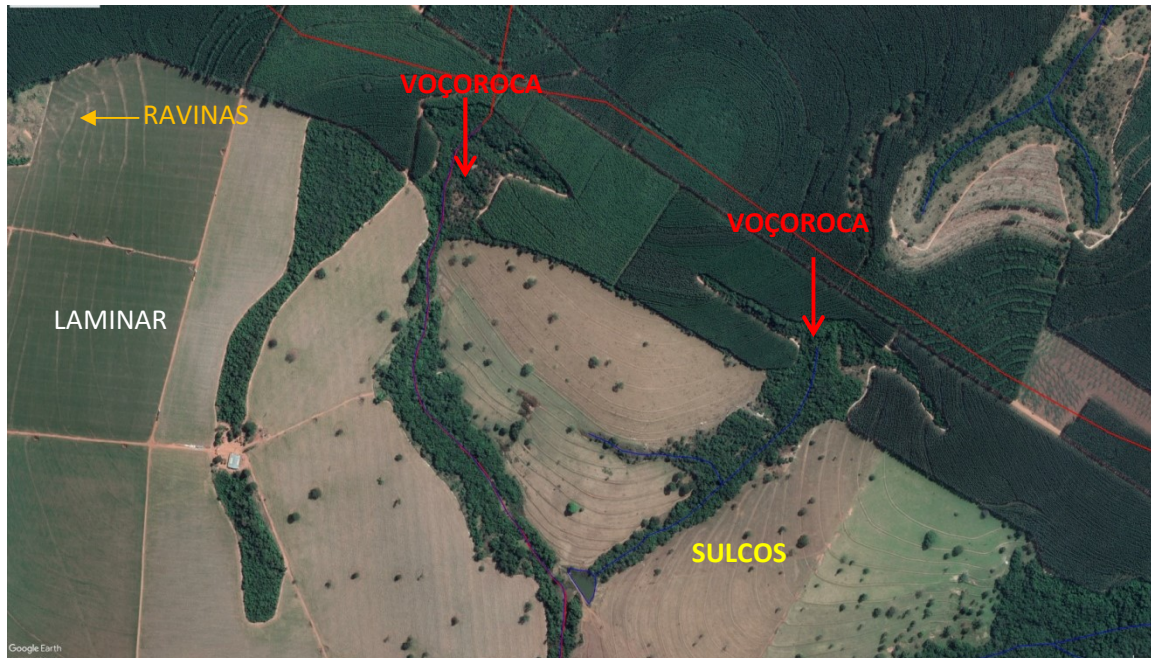
### 6.5.3 – Processos geodinâmicos e os fatores intervenientes

De uma maneira geral os processos erosivos são dominantes na área da unidade de relevo **Colinas alongadas com topos convexos e vertentes convexas e vale assimétrico de fundo chato (CATC-VC)**. Tal constatação é corroborada pelos indícios de erosão laminar e pelas feições erosivas aceleradas (sulcos e ravinas) que se desenvolvem nos materiais inconsolidados da unidade, além das cicatrizes de antigas voçorocas que ali se desenvolveram.

Mediante a análise de fotografias aéreas e imagens de satélites e observações no campo pode-se inferir que, os sulcos e ravinas (atuais), e voçorocas (antigas) na área da unidade de relevo estão associados às rupturas positivas de relevo ou às cabeceiras de drenagem (nascentes). Tais feições erosivas contribuíram no passado com grande quantidade de sedimentos aos canais fluviais, resultando no seu assoreamento, como pode ser visto nos rios Estiva e Panga e seus afluentes.

A Figura 6.5.3-1 ilustra cicatrizes de voçorocas antigas já estabilizadas na ADA do empreendimento

Figura 6.5.3-1 – Evidências de processos erosivos na Unidade **Colinas alongadas com topos convexos e vertentes convexas e vale assimétrico de fundo chato (CATC-VC)** em porção da AID do empreendimento. A seta vermelha indica voçorocas antigas já estabilizadas e a alaranjada mostra a porção afetada por ravinas. A erosão laminar e sulcos estão indicados em branco e amarelo, respectivamente. Os processos erosivos foram muito mais ativos no passado pelo tipo de uso do solo e ausência de medidas de conservação de solos (Fonte: Google Earth).

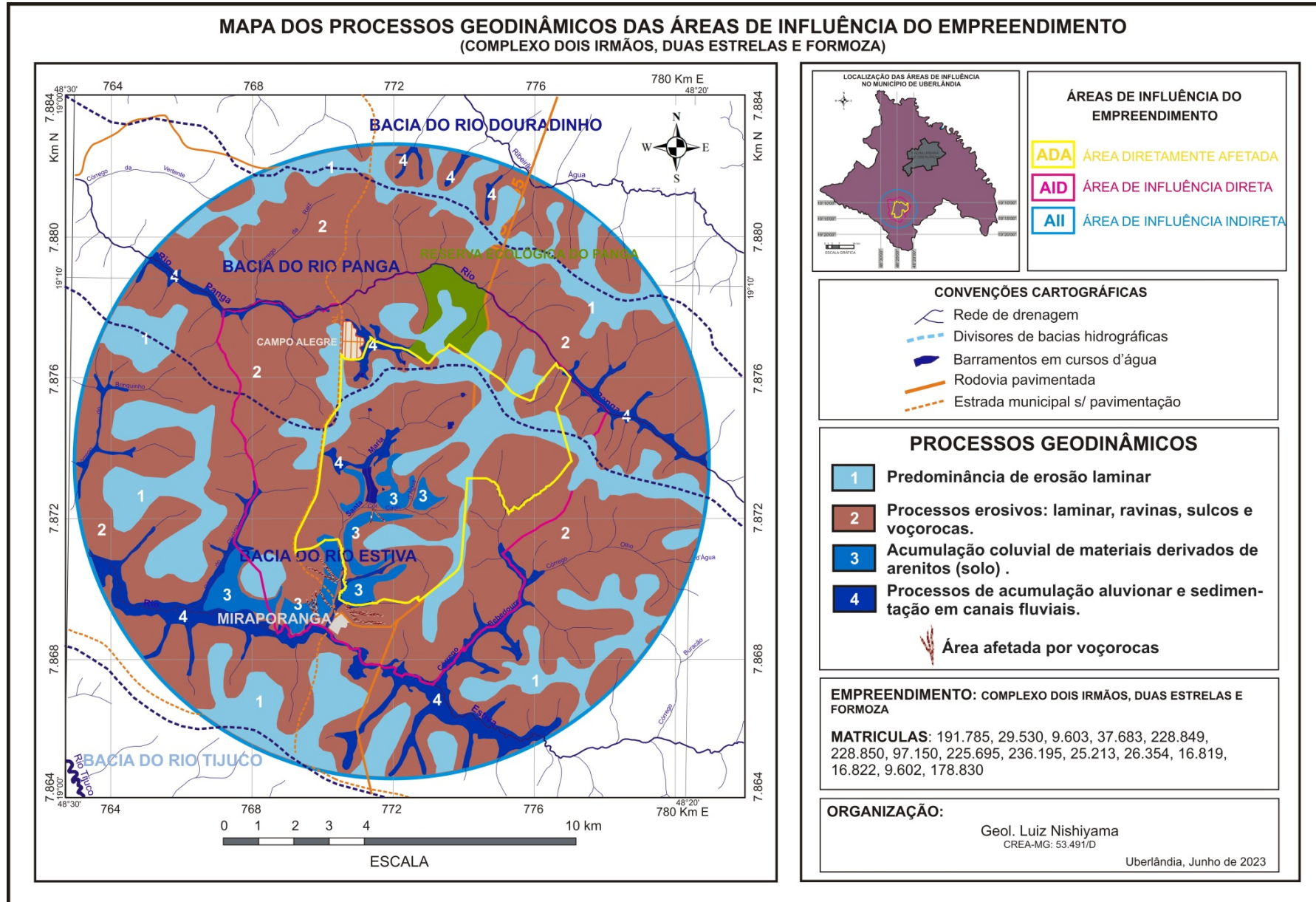


Nas porções de fundo vale dos rios Estiva e Panga predominam os processos agradacionais sobre os degradacionais. Os processos agradacionais estão relacionados à dinâmica de transporte fluvial e deposição fluvial, tais como: transporte, transbordamentos com deposição de sedimentos na planície aluvial, deposição de sedimentos no canal.

Dentre os processos degradacionais estão: erosão de margens fluviais, migração do canal fluvial com formação e abandono de meandros.

A Figura 6.5.3-2 apresenta o mapa de processos geodinâmicos identificados nas áreas de influência do empreendimento.

Figura 6.5.3-2 - Mapa de processos geodinâmicos identificados nas áreas de influência do empreendimento.



## 6.5 - Conclusão

A análise preliminar dos aspectos geomorfológicos, dos processos morfogenéticos (hídrico, hidrogeológicos e hidrológicos) e da estrutura geológica nas áreas de influência do empreendimento **Complexo Dois Irmãos, Duas Estrelas e Formosa** evidencia o predomínio dos processos erosivos (degradacionais) sobre os demais processos (agradacionais), principalmente nas porções de encostas dos vales fluviais. Apesar de os materiais pedológicos ali presentes mostrarem alguma resistência mecânica e capacidade de infiltração relativamente elevada em superfície, em contrapartida, esses mesmos materiais do solo (residuais e retrabalhados) são muito susceptíveis à erosão dada a sua composição textural arenosa. O uso do solo por pastagens, sem adoção de técnicas de proteção adequada ou a falta de manutenção das estruturas existentes, contribuem para o agravamento do problema da erosão.

A feição erosiva de maior expressão, tanto pela extensão afetada quanto pela gravidade de seus efeitos, embora seja menos visível, é representada pela erosão em lençol ou laminar. O fator que desencadeia esse tipo de erosão tem relação com a energia cinética das águas pluviais, materializado pelo impacto direto das gotas da chuva e/ou pelo escoamento da água sobre uma superfície ainda que pouco inclinada. Assim, sob a ação das águas pluviais grande quantidade de partículas do solo é destacada e deslocada no sentido das encostas dos vales fluviais por salpicamento (*splash*) ou por arrastamento.

Apesar de a voçoroca representar, visualmente, a feição erosiva mais agressiva em função da mudança profunda na topografia do terreno, esta não se caracteriza, atualmente, como a feição que causa maiores impactos ambientais nas áreas de influência do empreendimento.

No passado esta feição erosiva era comum nesta porção do município de Uberlândia onde se insere o empreendimento. Tal fato pode ser comprovado pelas várias cicatrizes, ainda visíveis, da feição erosiva. Atualmente, as voçorocas pretéritas encontram-se inativas, com a vegetação em pleno desenvolvimento na sua poção interna. As cicatrizes podem ser identificadas tanto na AID quanto na ADA do empreendimento.

Importante ressaltar que algumas feições erosivas tiveram o seu desenvolvimento interrompido graças aos trabalhos de contenção executados no seu entorno, tais como: manutenção de uma faixa de vegetação; implantação de estruturas para retenção das águas pluviais de escoamento superficial; construção de terraços em nível em áreas de plantio e de pastagem, dentre outros.

A água subterrânea freática representa, juntamente com o tipo de solo e relevo (declividade), fator de grande importância na deflagração dos processos erosivos,

especialmente nas porções onde ela se encontra a pequena profundidade ou aflorante, como ocorre nas porções de nascentes. Neste diagnóstico foi observado que a maioria das voçorocas inativas presentes na ADA e AID teve o início da incisão erosiva em pontos de nascentes.

De uma maneira geral na AID e ADA do empreendimento, as nascentes se posicionam em uma faixa do terreno onde ocorre a exsudação da água freática. Isto se deve à ocorrência de uma (ou mais) camada de baixa permeabilidade (arenito argiloso, lamito ou argilito) a qual retém a água infiltrada nas partes altas do relevo. Assim, o escoamento subterrâneo passa a ocorrer lateralmente, em direção à face livre do terreno, onde forma uma faixa úmida.

A faixa úmida, por sua vez, ao não permitir a infiltração das águas pluviais, gera escoamento superficial que, por sua vez, dá origem às incisões erosivas que podem inicialmente dar origem à ravinas e posteriormente à voçorocas.

Ao contrário, nas porções de fundo de vale fluvial do rio Estiva, já na AID do empreendimento, onde é verificada a baixa declividade longitudinal do traçado fluvial, predominam os processos deposicionais nas planícies aluviais.

Já, nas porções de afluentes dos rios Estiva e Panga, na AID, os vales escavados em arenitos da Formação Adamantina são mais encaixados, especialmente nas porções mais próximas de suas cabeceiras.

O diagnóstico do meio físico realizado nas áreas de influência do empreendimento, especialmente na sua ADA e AID, permite afirmar que os processos erosivos, com deflagração da erosão laminar e erosão em sulcos demandam maiores cuidados em termos de potencial para geração de impactos ambientais, tais como: perda da camada fértil de solo; assoreamento de cursos d'água; redução da oferta de águas fluviais; perda da qualidade da água por incremento de carga sedimentar e insumos agrícolas e perda da biodiversidade da flora e da fauna (terrestre e aquática).

Apesar de não ocorrer nenhuma voçoroca ativa atualmente nas áreas de influência do empreendimento, a possibilidade de desenvolvimento desta feição erosiva não pode ser desconsiderada em razão de as condições predisponentes naturais serem inerentes à região onde se insere o empreendimento.

Por fim, não menos importante lembrar que, a jusante do empreendimento, na AID, encontra-se o distrito de Miraporanga. O córrego Santa Maria tangencia o seu núcleo urbano. Nesse contexto, torna-se fundamental para o(s) empreendimento(s) localizado(s) a montante do núcleo urbano atente para manutenção da qualidade das águas deste córrego.

Outro aspecto a ser considerado é a existência de um barramento no mesmo córrego, localizado na ADA do empreendimento, cuja área inundada é de cerca de 18,90Ha, distante cerca de 3,5 quilômetros da sede do distrito.

## 6.6 – Referências bibliográficas consultadas

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS Plano de recursos hídricos e do enquadramento dos corpos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do rio Paranaíba / Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2013.

ALMEIDA, F. F. A.; HASUI, Y; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R. A. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth-Sci.Rev.*, 17 :1 – 29, 1981.

BATEZELLI, A. Análise da sedimentação cretácea no Triângulo Mineiro e sua correlação com áreas adjacentes.

BRASIL Ministério das Minas e Energia - Projeto Radam Brasil. **Levantamento de recursos naturais**. Brasília, 1983. Folha SE.22 Goiânia.

BROD, J. A., LEONARDOS, O. H., MENESES, P. R., ALMEIDA, R., ARAÚJO, R. N. J., BLANCO, S. B., SANTOS, P. C. V., 1991. Tectono-estratigrafia da Faixa Brasília na região do Alto Paranaíba. *Simpósio de Geologia do Centro-Oeste*, 3, 155-168.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.de; FILHO, P.H.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C.C.F. **Sensoriamento remoto de geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001. 124 p.

ELLISON, W.D. (1947a). Soil erosion studies part I. *Agricultural Engineering*, v.28, n.4, p.145-146.

ELLISON, W.D. (1947b). Soil erosion studies part II: soil detachment hazard by raindrop splash. *Agricultural Engineering*, v.28, p.197-201.

ELLISON, W.D. (1947c). *Soil erosion studies part III: some effects of soil erosion on infiltration and surface runoff*. *Agricultural Engineering*. v.28, p.245-248.

ELLISON, W.D. (1947d). Soil erosion studies part IV: soil loss and some effects of soil erosion. *Agricultural Engineering*.v.28, p.297-300.

ELLISON, W.D. (1947e). Soil erosion studies part V: soil transportation in the splash process. *Agricultural Engineering*. v.28, p.349-353.

ELLISON, W.D.; ELLISON, O.T.(1947). Soil erosion studies part VI: soil detachment by surface flow. *Agricultural Engineering*.v.28, p.402-408.

ELLISON, W.D.; ELLISON, O.T. (1947). Soil erosion studies part VII: soil transportation by surface flow. *Agricultural Engineering*. v.28, p.442-450.

EMBRAPA Mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu, escala 1:100.000. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2013 60p.

GUERRA, A.T. Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. Bertrand Brasil: 1999. 340p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (1.970). Folha topográfica de Prata (SE-22-Z-D-II).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (1.970). Folha topográfica de Miraporanga (SE-22-Z-D-III).

- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA Mapa de unidades do relevo do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE 2006. 2ª Ed.,
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA Manual técnico de Geomorfologia/IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e estudos Ambientais – 2ª Ed. – Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 189p.
- MARQUES, J. Q. A. et al. Perdas por erosão no Estado de São Paulo. São Paulo: *Bragantia*, v.20, n. 47, p.1139-1182, 1961.
- MARTINS, E. S.; REATTO, A.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F. Evolução geomorfológica do Distrito Federal. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004b. p. 57.
- MORGAN, R.P.C. (1978). Field studies of rainsplash erosion. *Earth Surface Processes*, v.3, p.295-299.
- MOSS, A.J.; GREEN, P. (1983). Movement of solids in air and water by raindrop impact Effects of drop size and water depth variations. *Aust. J. Soil Res.*, v. 21, p.257-269.
- MUNSELL COLOR CHART INC. (1.946) *Munsell soil color chart*. Baltimore, 22 p.
- MURPHY, B.W.; FLEWIN, T.C. (1993). Rill erosion on a structurally degraded sandy loam surface soil. *Aust. J. Soil Res.*, v.31, p.419-436.
- NISHIYAMA, L. (1.989) Geologia do município de Uberlândia e áreas adjacentes. *Revista Sociedade & Natureza*, Uberlândia, v. 1, n. 1, p. 09 - 16.
- NISHIYAMA, L. **Procedimentos de mapeamento geotécnico como base para análises e avaliações ambientais do meio físico, em escala 1:100.000: aplicação no município de Uberlândia -MG.** (Tese de Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos, 1998.
- NOVAES PINTO, M. Superfícies de aplainamento na Bacia do Rio São Bartolomeu, Distrito Federal/Goiás. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, v. 48, n. 3, p. 237-257, 1986.
- NOVAES PINTO, M. Superfícies de aplainamento na Bacia do Rio São Bartolomeu, Distrito Federal/Goiás. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, v. 48, n. 3, p. 237-257, 1986.
- OLIVEIRA, M.A.T.; MEIS, M.R.M. (1985). Relações ente geometria do relevo e formas de erosão linear acelerada (Bananal-SP). *Geociências*, São Paulo, v.4., p.87-99.
- OLIVEIRA, M.A.T.; NETTO, A.L.C.; AVELAR, A.S. (1994). Morfometria de encostas e desenvolvimento de boçorocas no médio vale do rio Paraíba do Sul. *Geociências*, São Paulo, v.13, n.1, p.9-23.
- PIMENTEL M.M. and Fuck R.A. 1992. Neoproterozoic crustal accretion in central Brazil. *Geology*, 20(4),375-379.
- PROJETO RADAM BRASIL Levantamento de recursos naturais. Rio de Janeiro: 1983. Folha SE.22 Goiânia.
- RAMOS, M.V.V. 2004. **Caracterização dos solos, da estrutura fitossociológica e do estado nutricional da vegetação de veredas em diferentes superfícies geomorfológicas no Triângulo Mineiro.** Tese de Doutorado. Universidade de Brasília, Brasília.
- RAMOS, M.V.V.; CURY, N.; MOTA, P.E.F.; VITORINO, A.C.T.; FERREIRA, M.N. & SILVA, M.L.N. 2006. **Veredas do Triângulo Mineiro: Solos, água e uso.** *Ciência Agrotécnica* 30(2): 283-293.

RESENDE et al. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 4.ed. Viçosa: Neput, 2002. Pp. 237-257.

RODRIGUES, L.; NISHIYAMA, L. **Estudo dos fatores responsáveis pela erosão acelerada na bacia do córrego dos macacos – Uberlândia-MG**. VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Goiânia-GO, 2001.

SEER, H.J. Evolução tectônica dos grupos Araxá, Ibiá e Canastra na sinforma de Araxá. Araxá, Minas Gerais. Instituto de Geociências Universidade de Brasília, Brasília: 1999 Tese de Doutorado, 267p.

SOIL CONSERVATION SOCIETY OF AMERICA - SCSA (1.966). *Procedure for determining rates of land damage, land depreciation and volume of sediment produced by gully erosion*. USDA Technical release 32. Washington.

SOIL CONSERVATION SOCIETY OF AMERICA - SCSA. (1976). *Resource conservation glossary*. Ankeny, IA.

SOIL CONSERVATION SOCIETY OF AMERICA - SCSA. (1982). *Resource conservation glossary*, 3d ed., Soil Conservation Society of América, Ankeny, Iowa, 193p.

SILVA, G.A.da Mapeamento e caracterização do meio físico como indicativo de susceptibilidade erosiva na Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Lourenço – Ituiutaba/MG. Universidade federal de Uberlândia (Dissertação de Mestrado), 2014.

SMITH, D.D.; WISCHMEIER, W.H.(1957). Factors affecting sheet and rill erosion. *Transactions American Geophysical Union*, v.38, n.6, p.889-896.

SOARES, P.C. ; FIORI, A.P. ( 1.976) Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. *Notícias Geomorfológicas*. Campinas, v. 16, n. 32. p. 71 - 104.

STRAHALER, A. N. (1.952) Dynamic basis of geomorphology. *Geol. Soc. American Bulletin*, 63, pp 923-938.

STRAHLER, A.N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transactions American Geophysical Union*, v.38, n.6, p.913-920.

TEIXEIRA, N., 1996. Assolho Oceânico no complexo Ultramáfico do quatipuru (PA). Implicações tectônicas para a Faixa Móvel Araguaia: in. In Congresso Brasileiro de Geologia (Vol. 39, pp. 117-120).

TROEH, F.R. (1.965). Landforms equations fitted to contour maps. *American Journal of Science*, New York. V. 263, p. 616-627.

UFV, UFLA e FEAM **Mapa de solos do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte 2010.