



**ZONEAMENTO AMBIENTAL E PRODUTIVO DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO Rio Gualaxo DO Norte**

**Belo Horizonte–MG
Março/2017**

Sumário

1 - INTRODUÇÃO	4
2.2 - Disponibilidades Hídrica	7
2.3 Caracterização das Unidades de Paisagem	7
3 - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GUALAXO DO NORTE	7
3.1 Caracterização Agro-Ambiental da bacia hidrográfica	7
3.2 Caracterização do Uso e Ocupação do Solo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte	12
3.3 Análise da Disponibilidade Hídrica da Bacia do Rio Gualaxo do Norte e Regularização dos Recursos Hídricos	14
3.3.1 Disponibilidade Hídrica	14
3.3.2 Regularização de Vazão	18
3.3.3 Caracterização dos recursos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do Rio Gualaxo do Norte	19
3.4 Unidades de Paisagem da Bacia do Rio Gualaxo do Norte	20
3.4.1- Procedimentos Metodológicos	21
3.4.2 Considerações	39
4- BASES PARA ADEQUAÇÃO SÓCIO ECONÔMICA E AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GUALAXO DO NORTE	40
4.1– Usos e ocupações recomendadas para as unidades de paisagens	40
4.1.1 Cristas e afloramentos rochosos	41
4.1.2– Vales encaixados	41
4.1.3– Vertentes convexas e topos alongados	41
4.1.4– Vertentes côncavas em anfiteatros	42
4.1.5– Vertentes ravinadas	42
4.1.6– Colinas cônicas	42
4.1.7– Rampas de colúvio	43
4.1.8– Terraços fluviais	43
4.1.9– Planícies fluviais	43
4.2- Considerações	44
5- GEOFORMAS, CICLO HIDROLÓGICO E PROCESSOS EROSIVOS	44
6. POTENCIAL DE ADEQUAÇÃO SOCIOECONÔMICA E AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GUALAXO DO NORTE E INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS	48
7- ANÁLISES MULTICRITÉRIO PARA PRIORIZAÇÃO DE ÁREAS	48
7.1 Objetivo	48
7.2 Critérios para Priorização das Áreas	49
7.2.1 Metodologia proposta para definição dos critérios de seleção das áreas	49

7.3 Priorização das Sub-bacias	52
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
9. BIBLIOGRAFIA SUGERIDA	58
10. ANEXO.....	59

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GUALAXO DO NORTE

1 - INTRODUÇÃO

O Decreto 46.650, de 19 de novembro de 2014, aprovou a Metodologia Mineira de caracterização socioeconômica e ambiental de sub-bacias hidrográficas, denominada Zoneamento Ambiental e Produtivo–ZAP. A Metodologia ZAP tem sua origem pautada na dinâmica de uso e conservação do solo e da água e na evidência de que a Adequação Socioeconômica e Ambiental de Sub-bacias Hidrográficas potencializa os resultados no controle do ciclo hidrológico e na sustentabilidade das atividades produtivas rurais, desenvolvidas neste compartimento geográfico. Objetiva-se com o Zoneamento Ambiental e Produtivo a disponibilização de base de dados e informações para subsídio à formulação, à implantação e ao monitoramento de planos, programas, projetos e ações, que busquem o aprimoramento do planejamento e da gestão ambiental por territórios (Decreto 46.650/2014, do Estado de Minas Gerais).

O ZAP foi desenvolvido pela Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento–Seapa e pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável–Semad, com a participação da Embrapa Milho e Sorgo, Emater–MG, Ruralminas e do Igam. O trabalho conjunto destes parceiros resultou do reconhecimento de que se faz necessária a inclusão de uma perspectiva mais abrangente, integradora e participativa na construção de instrumentos de gestão dos recursos ambientais associados às atividades produtivas. O ZAP surgiu, portanto, como contribuição essencial para as diretrizes de ordenamento e organização territorial no marco das bacias hidrográficas e como importante ferramenta de gestão a ser aplicada nos processos de regularização ambiental.

Utilizou-se esta metodologia para promover os estudos e levantamentos de dados primários e secundários necessários a elaboração e que deram suporte técnico aos dados apresentados neste Diagnóstico Ambiental.

2 - METODOLOGIA

O Zoneamento Ambiental e Produtivo envolve três grandes etapas, a saber: Levantamento do Uso e Ocupação do Solo, Diagnóstico da Disponibilidade Hídrica da Bacia e Caracterização das Unidades de Paisagem.

2.1 - Levantamento do Uso e Ocupação do solo

O reconhecimento de padrões em imagens digitais apresenta importância fundamental na área de sistemas de informações geográficas. O monitoramento ambiental permite a identificação e classificação de tipos fisionômicos, tais como: elementos da cobertura vegetal, corpos d'água, solos, áreas agrícolas, áreas antropizadas e áreas degradadas.

A interpretação de imagens de satélite, além de constituir método consagrado, possibilitou a obtenção de dados de grande precisão e fidelidade, atendendo as necessidades exigidas para trabalhos desta natureza, devido à rapidez com que os dados podem ser analisados e à amplitude do espaço físico alcançado. O mapa com as classes de uso e ocupação do solo, gerado para a bacia do Rio Gualaxo do Norte, poderá ser utilizado futuramente em outros trabalhos, principalmente no Plano de Adequação Socioeconômico e Ambiental da referida bacia. Os órgãos públicos com interesses na área de estudo dispõem agora de uma base de dados sobre a atual distribuição do uso das terras, podendo utilizá-la como uma ferramenta adicional no auxílio da tomada de decisão para o planejamento adequado para o uso dos recursos naturais.

O estudo de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Rio Gualaxo do Norte, foi obtido por meio do uso das imagens do satélite Sentinel 2, datadas de 02/08/2017, com precisão de 10 m, e da interpretação visual das imagens do Google Earth, de 26/07/2016 (na parte oeste da bacia) e 09/08/2016 (na parte leste da bacia) com precisão de 1m.

Imagem para auxílio de mapeamento da Sub-bacia do Rio Gualaxo do Norte

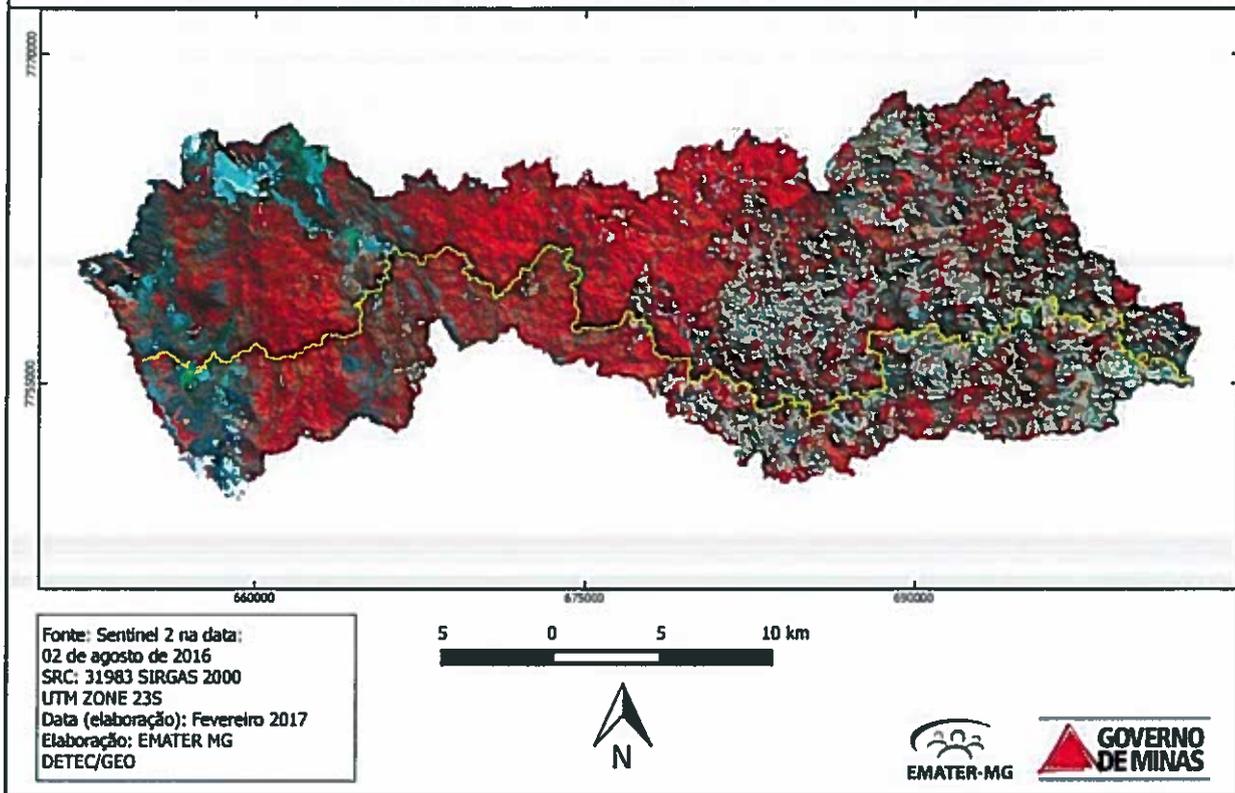


Figura 1: Imagem de satélite (2016) da sub-bacia do Rio Gualaxo do Norte.

Imagem Landsat 5 (2008) Sub-bacia do Rio Gualaxo do Norte

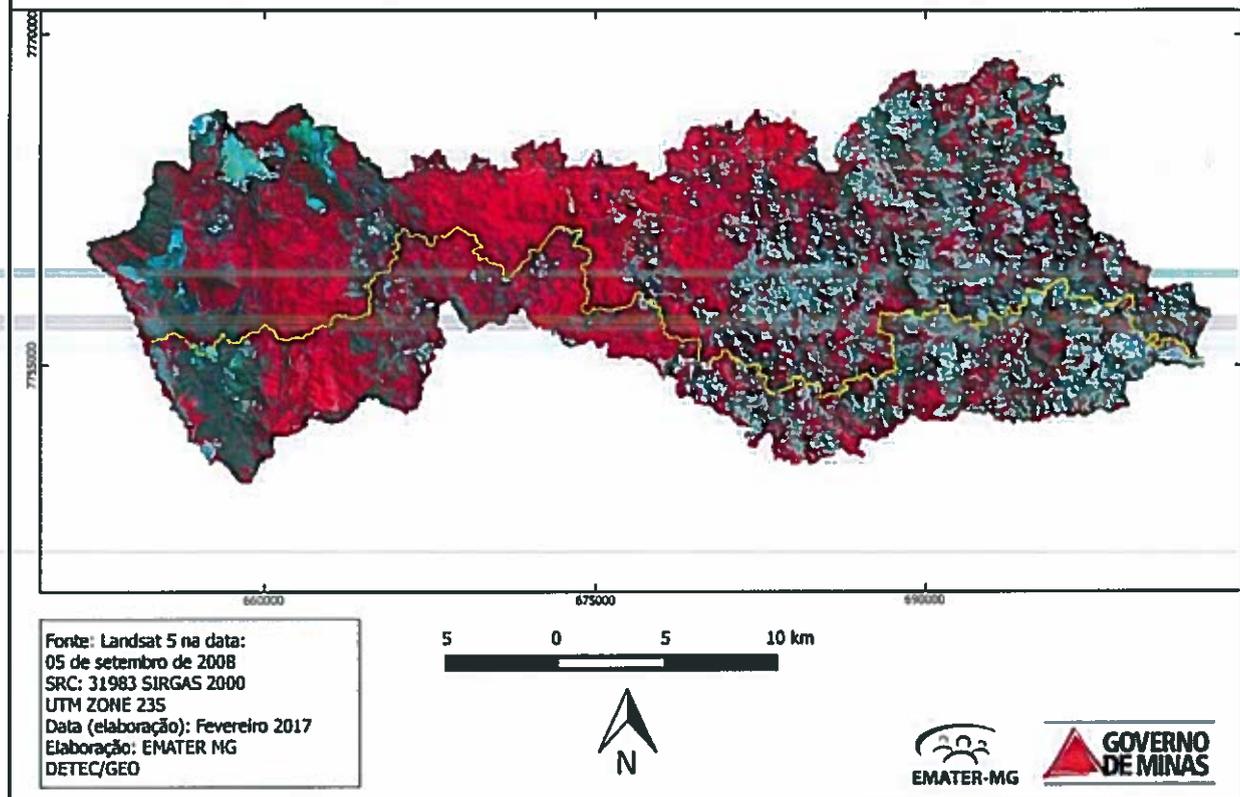


Figura 2: Imagem Landsat 5 (2008) da Sub-bacia do Rio Gualaxo do Norte.

2.2 - Disponibilidades Hídrica

Para a análise da disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Rio Gualaxo do Norte, foram utilizados os processos de outorga pelo uso da água, que ocorrem na bacia disponibilizadas pela SEMAD, no ano de 2016. Além disso, foram utilizadas as informações do 'Estudo de regionalização de vazão para o aprimoramento do processo de outorga no Estado de Minas Gerais', realizado pela UFV & IGAM (2012).

2.3 Caracterização das Unidades de Paisagem

A adoção da Teoria da Paisagem para orientar o planejamento do uso conservacionista dos recursos ambientais tem por objetivos simplificar e tornar ágil o processo de monitoramento e gestão ambiental no âmbito da propriedade rural e, simultaneamente, do próprio conjunto das demais propriedades rurais nas bacias hidrográficas.

A metodologia adotada para a identificação das Unidades de Paisagem foi desenvolvida por Fernandes (2010). Nesta metodologia, considera-se a paisagem, dentro de cada especificidade local, como uma síntese dos componentes dos meios físicos (geologia, relevo e solos), meio biótico (vegetação nativa) e meio socioeconômico (atividades antrópicas). No caso específico a atividades rurais, é notória a familiaridade de produtores e trabalhadores rurais com a paisagem local, fato que facilita diálogos e discussões pertinentes à capacidade de suporte das respectivas Unidades de Paisagem.

3 - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GUALAXO DO NORTE

3.1 Caracterização Agro-Ambiental da bacia hidrográfica

A bacia hidrográfica do Rio Gualaxo do Norte, está situada a montante do ponto de coordenadas geográficas 20°28'65"S 43°51'53"W, e faz parte da bacia hidrográfica do Rio Doce. O Rio Gualaxo do Norte desagua no Rio do Carmo que posteriormente se junta ao Rio Piranga formando o Rio Doce (Figura 1)

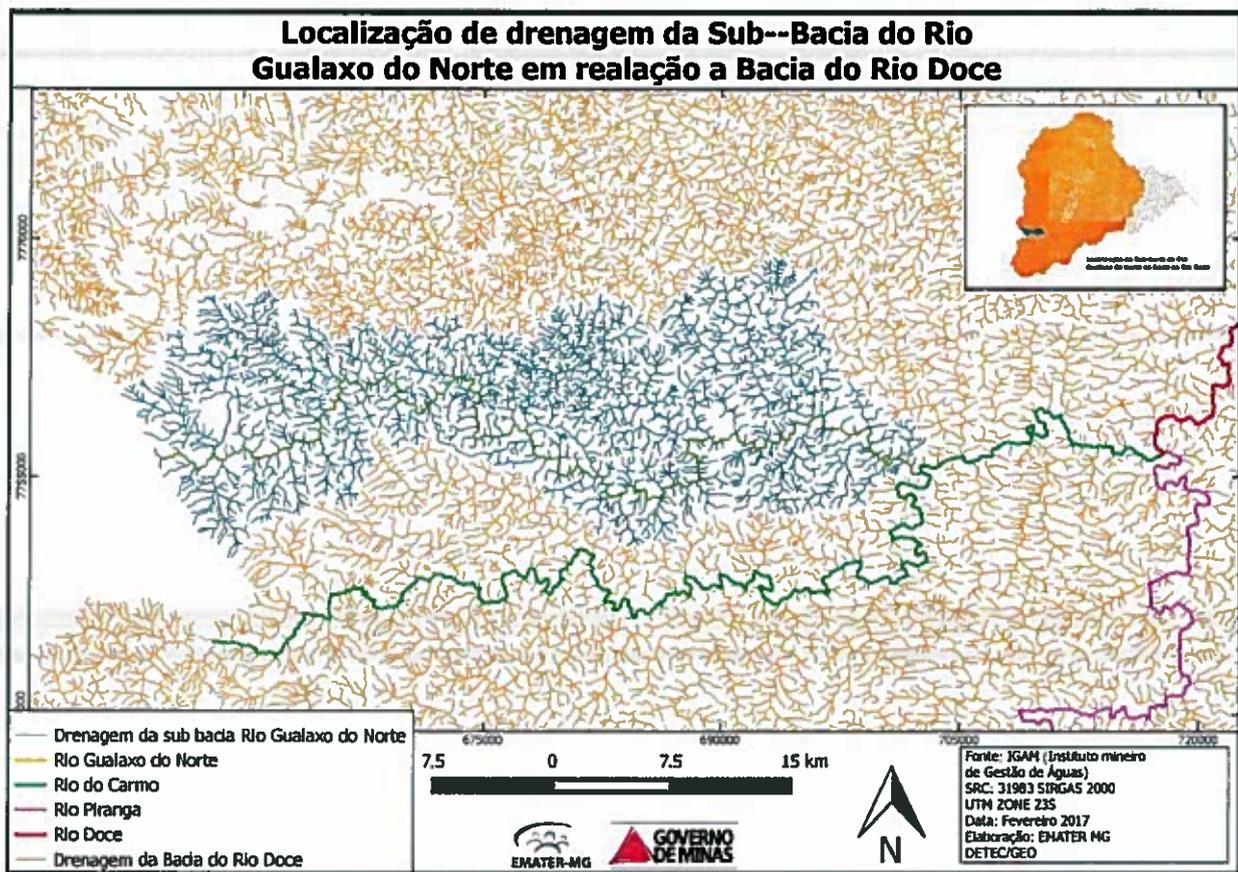


Figura 03 – Mapa de localização da bacia do Rio Gualaxo do Norte

A bacia hidrográfica do rio Gualaxo do Norte se insere no sistema hidrográfico do rio Doce, sendo afluente direto do rio do Carmo, apresentando uma área aproximada de 560Km². Engloba os municípios de Mariana, Barra Longa e Ouro Preto, todos no território de Minas Gerais.

Esta bacia hidrográfica sofreu o impacto direto do rompimento da barragem de rejeito Fundão, ocorrido em 15/11/2015.

O relevo fortemente acidentado desta bacia hidrográfica constituído, predominantemente, por colinas vertentes convexas/côncavas, anfiteatros, domos, afloramentos rochosos e vales encaixados apresenta notória limitação, sobretudo às atividades agropecuárias, estabelecimento de sistemas viários e atividades agrícolas mais expressivas.

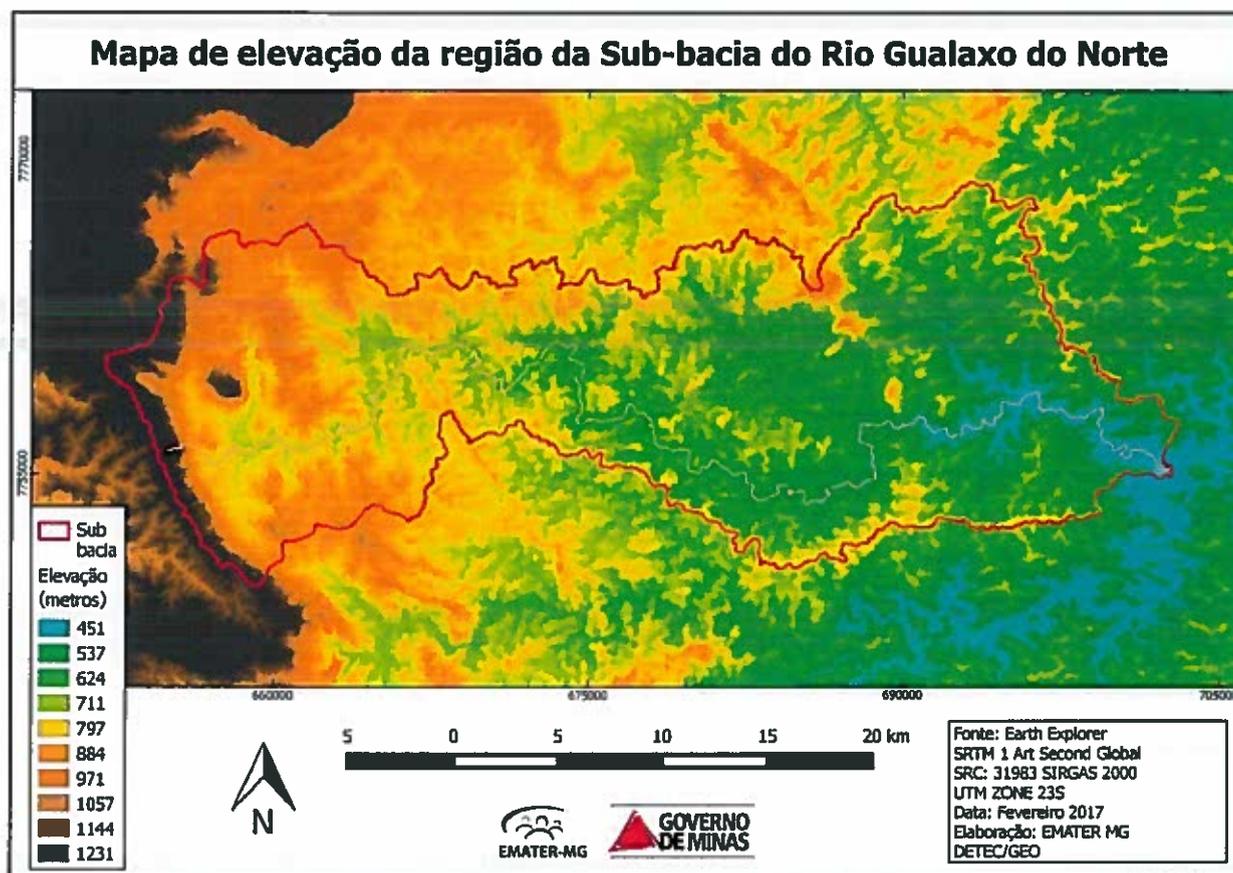


Figura 05 – Mapa de elevação da bacia do Rio Gualaxo do Norte

O embasamento geológico é constituído por rochas do complexo cristalino, com predominância dos gnaisses, com possibilidades de inclusões de diques de rochas máficas. As feições geomorfológicas são caracterizadas por afloramentos rochosos, escarpas crista, vertentes ravinadas, colinas de topos alongados/convexas colinas cônicas, anfiteatros, domos, e terraços fluviais. As unidades de paisagens retro apresentadas, fundamentam a metodologia de caracterização integrada do meio físico e inferências aos meios biótico e antrópico, culminando com a adequação ambiental e produtiva deste compartimento geográfico.



Figura 6: Pico do Frazão. Fonte: Felipe Fonseca.

O relevo fortemente acidentado desta bacia hidrográfica constituído, predominantemente, por colinas vertentes convexas/côncavas, anfiteatros, domos, afloramentos rochosos e vales encaixados apresenta notória limitação, sobretudo às atividades agropecuárias e estabelecimento de sistemas viários. Atividades agrícolas mais expressiva podem ser desenvolvidas em terraços fluviais que ocorrem com maior expressão no baixo trecho da bacia. A tipologia de solos, dentro destas especificidades, correlaciona com as unidades de paisagens. Dentro destas características, as atividades mais sustentáveis se restringem a silvicultura, pastagens e apicultura.

Importante salientar que as proposições para adequação ambiental, constantes deste relatório, não devem ser consideradas como projetos executivos que deverão ser elaborados sob contrato específico.

De acordo com a classificação de Köppen (1948), o clima da região é o Cwa; clima temperado com inverno seco e verão chuvoso, sendo a temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C e a do mês mais quente superior a 22°C. A vegetação predominante é a

floresta estacional semidecidual (Mata Atlântica), destacando-se também a cobertura por capoeiras, pastagens e silvicultura.

3.2 Caracterização do Uso e Ocupação do Solo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte

A interpretação de imagens de satélite, além de constituir método consagrado, possibilitou a obtenção de dados de grande precisão e fidelidade, atendendo as necessidades exigidas para trabalhos desta natureza, devido à rapidez com que os dados podem ser analisados e à amplitude do espaço físico alcançado. O mapa com as classes de uso e ocupação do solo, gerado para a bacia do Rio Gualaxo do Norte, poderá ser utilizado futuramente em outros trabalhos, principalmente no Plano de Adequação Socioeconômico e Ambiental da referida bacia. Os órgãos públicos com interesses na área de estudo dispõem agora de uma base de dados sobre a atual distribuição do uso das terras, podendo utilizá-la como uma ferramenta adicional no auxílio da tomada de decisão para o planejamento adequado para o uso dos recursos naturais.

O estudo de uso e ocupação do solo da sub-bacia hidrográfica do Rio Gualaxo do Norte foi obtido pelo uso das imagens do satélite Sentinel 2 e do Google Earth.

A interpretação da imagem de satélite permitiu a classificação da área da bacia hidrográfica em 9 classes de uso da terra e cobertura vegetal (Figura 06); vegetação nativa, pastagem, área urbana, silvicultura (eucalipto), afloramento rochoso, mineração e indústria, solo exposto ou erodido, comunidade rural, represas ou açudes. (Figura 6)

Uso e Ocupação do Solo Bacia Hidrográfica do Rio Gualaxo do Norte		
Tipos de Uso	Area /há	%
Afloramento de Rochas	2.590,71	4,6
Carvoaria	0,6871	0,001
Comunidades Rurais	384,54	0,68
Cultivos Agrícolas	900,3216	1,6
Mineração	2.333,19	4,2
Pastagem	15.778,75	28,1
Represas	225,2	0,4
Silvicultura	3.598,51	6,4
Solo Exposto	774,05	1,4
Vegetação Nativa	29.582,81	52,7
Total	56.168,77	100

Quadro 01 - Uso e Ocupação do Solo da Bacia do Rio Gualaxo do Norte

- **Vegetação nativa**

Em seus três estádios de sucessão (Avançada, Intermediária, Inicial), a mata predomina em 52,7% apresenta bons níveis de conservação está disposta mais concentrada na área oeste e central da bacia e fragmentada na parte leste.

- **Pastagem**

Abrange 28,1% da área da bacia do Rio Gualaxo do Norte, com variados níveis de degradação. Apresenta elevada erodibilidade quando associado ao relevo composto de colinas com alta declividade e solos de elevada instabilidade.

- **Silvicultura**

Encontra-se em 6,4% da área total, principalmente na parte Norte e nordeste da bacia, onde se encontram os plantios de eucalipto.

- **Afloramento de rochas**

Ocupa 4,6% da área total da bacia, concentrando-se na parte oeste bacia e com maior altitude.

- **Mineração**

Ocupa 4,2% da área total ocupando a parte oeste e noroeste.

- **Cultivos agrícolas**

Abragem 1,6% da área total da sub-bacia

- **Solo exposto ou erodido**

Ocupa 1,4% da área total, dipostos fragmentados por toda a bacia.

- **Comunidades rurais**

Esta disposta em 0,68% da área da bacia, sendo constituída por uma área mais concentrada ao oeste por Antônio Perreira e leste por São Luis no restante fragemntada da bacia ao longo da bacia.

- **Represas (corpos d'água)**

Abrangem apenas 0,4%, com uma representante em maior escala na parte oeste e o restante fragmentada ao longo da bacia.

3.3 Análise da Disponibilidade Hídrica da Bacia do Rio Gualaxo do Norte e Regularização dos Recursos Hídricos

Os usos considerados insignificantes, de acordo com a Deliberação Normativa CERH–MG nº 09, de 16 de junho de 2004, são contabilizados no cálculo da disponibilidade hídrica. Os usos não consultivos, por não interferirem na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica, seguem os trâmites legais regulares para obtenção de outorga de direito de uso de recursos hídricos e não são contemplados no processo único de outorga.

3.3.1 Disponibilidade Hídrica

Para a análise da disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Rio Gualaxo do Norte, foram utilizados os processos de Outorga pelo Uso da Água, que ocorrem nesta área, disponibilizados pela SEMAD, no ano de 2015/2016. Além disso, foram utilizadas as informações do 'Estudo de regionalização de vazão para o aprimoramento do processo de outorga no Estado de Minas Gerais', realizado pela UFV & IGAM 2012.

Não foi identificada a presença de barramentos. A bacia hidrográfica do Rio Gualaxo do Norte é composta de 2935 trechos de cursos d'água, os quais foram identificados com um ottocódigo.

Atualmente, existem 11 cadastros de usos insignificantes e 6 pontos de outorga de uso consultivo localizado na bacia hidrográfica, destinados ao consumo humano, dessedentação de animais, irrigação e consumo industrial. (Figura 07).

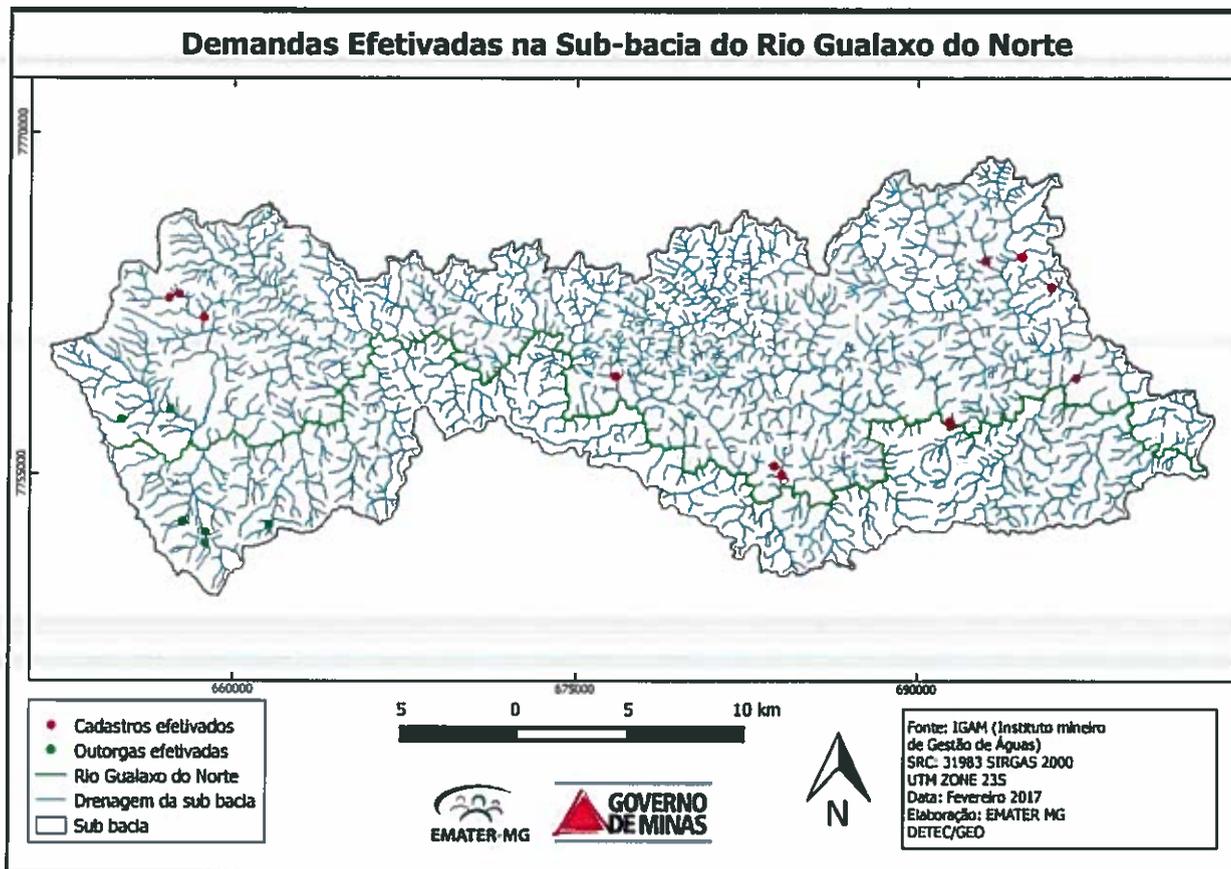


Figura 07- Mapa de demanda efetiva na bacia do Rio Gualaxo do Norte

Dos 2935 trechos, 16 apresentam demanda pelo uso de recursos hídricos, os demais apresentam disponibilidade hídrica igual a 50% da Q7,10 (vazão de referência). A Figura 8 apresenta a localização desses trechos na bacia.

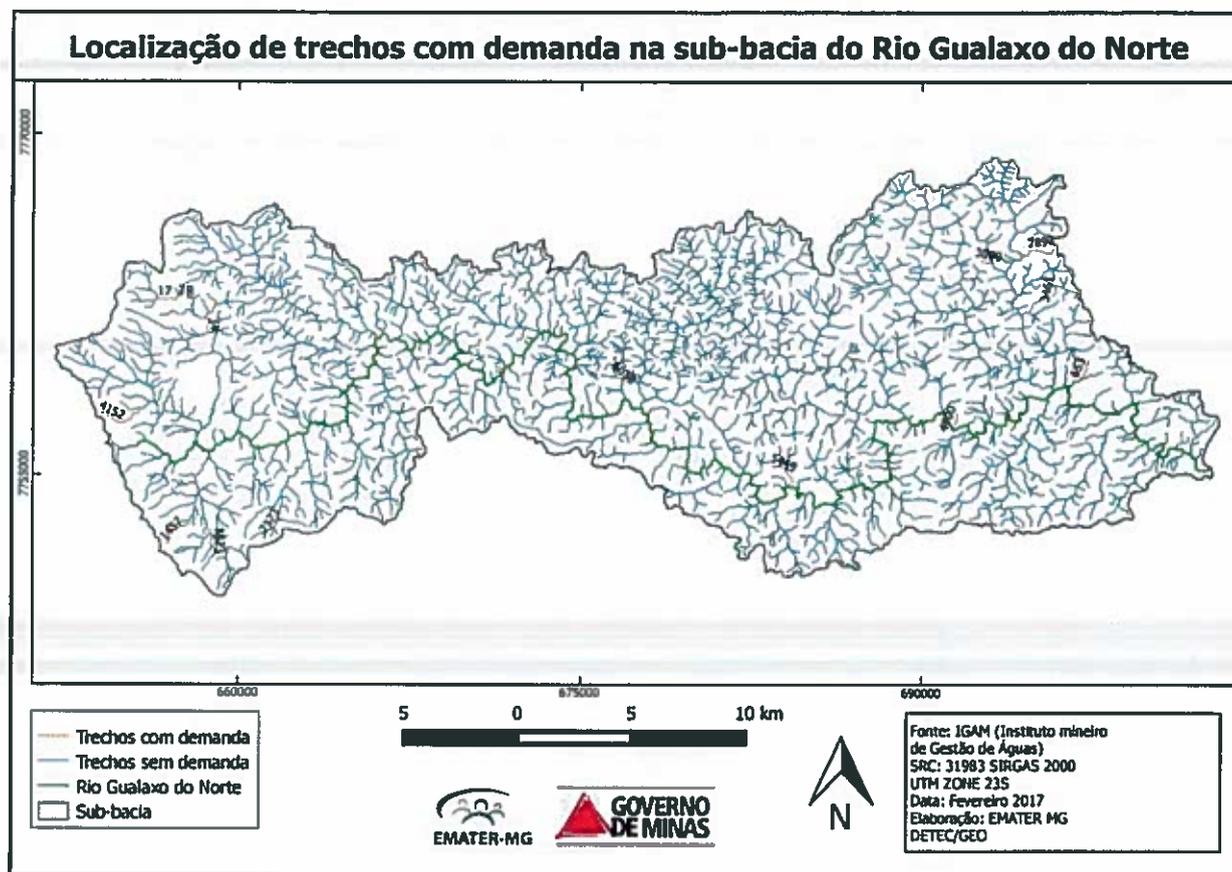


Figura 08- Mapa de localização dos trechos com demanda hídrica na bacia do Rio Gualaxo do Norte

A disponibilidade hídrica de cada trecho foi calculada por meio da seguinte equação:

$$QDH = 0.5 * Q710 - QdemTotal$$

Em seguida, foi calculado o comprometimento hídrico, utilizando a equação abaixo:

$$comprmdH = ((0.5 * Q710) - QDH * 100 / (0.5 * Q710))$$

A bacia do Rio Gualaxo do Norte apresenta dois trechos indisponíveis (comprometimento hídrico maior que 50% da Q710) e dois em estado de atenção (comprometimento entre 50 e 100% da Q710.) Dessa forma, para atender a demanda atual, é sugerido o estudo de viabilidade de regularização de vazão.

O mapa, a seguir, mostra os resultados obtidos. (Figura 9)

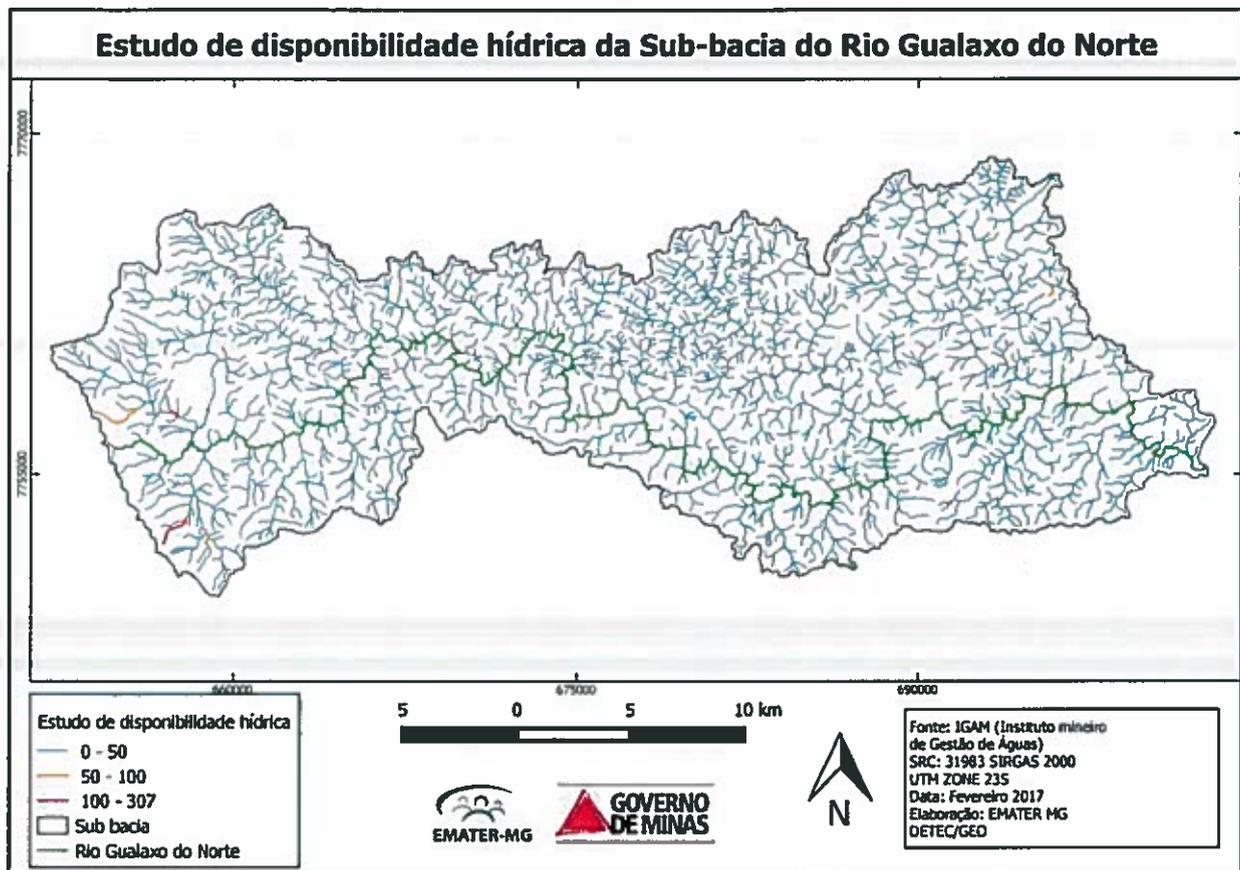


Figura 09- Mapa do balanço hídrico da bacia do Rio Gualaxo do Norte

Ao analisar a disponibilidade hídrica como um todo, pode-se observar que ela se apresenta com o balanço hídrico favorável. Os trechos que demonstram déficit hídrico se encontram: um na sub-bacia do córrego Novidade e um na sub-bacia do leito do Rio Gualaxo do Norte. Em estado de atenção temos um na sub-bacia do córrego Paciência, um na sub-bacia do leito do Rio Gualaxo do Norte e um na sub-bacia do córrego Novidade. As atividades que captam recursos hídricos na região se destinam a consumo humano, consumo industrial, aquicultura, dessedentação de animais, irrigação e abastecimento público.



Gráfico 1- Tipos de uso hídrico

3.3.2 Regularização de Vazão

A regularização das vazões naturais é um procedimento que visa uma melhor utilização dos recursos hídricos superficiais. Sempre que um projeto de aproveitamento hídrico de um curso d'água prevê uma vazão de retirada maior que a mínima, existirão, em consequência, períodos em que a vazão natural será superior à utilizada e períodos em que a vazão será menor, não atendendo a demanda. Sendo assim, é necessário promover o represamento das águas, por meio da construção de reservatórios em seções bem determinadas dos cursos d'água naturais, para que se possa reter o excesso de água dos períodos de grandes vazões, visando utilizá-lo nas épocas de estiagem.

Qualquer que seja o tamanho da barragem ou a finalidade das águas acumuladas em seu reservatório, sua principal função é a de fornecer uma vazão maior que a possível de captação a fio d'água ou não muito variável, tendo ela recebido do Rio vazões muito variáveis no tempo, regulando assim o fluxo residual.

Na bacia hidrográfica do Rio Gualaxo do Norte foi calculado o potencial de regularização (Qreg) para cada trecho comprometido, por meio da seguinte equação:

$$\text{Potencial de Regularização (QReg)} = (0.7 * Q_{\text{mld}}) - (0.5 * Q_{710})$$

Conclui-se que, em todos os trechos comprometidos, a construção de barragens para regularização de cheias pode vir a ser uma medida para aumentar a disponibilidade hídrica da bacia. No entanto deve ser levada em consideração a viabilidade ambiental, econômica e social desse tipo de estrutura. Abaixo estão representados os trechos que podem vir a ser regularizados com a construção de barragens. (Figura 10)

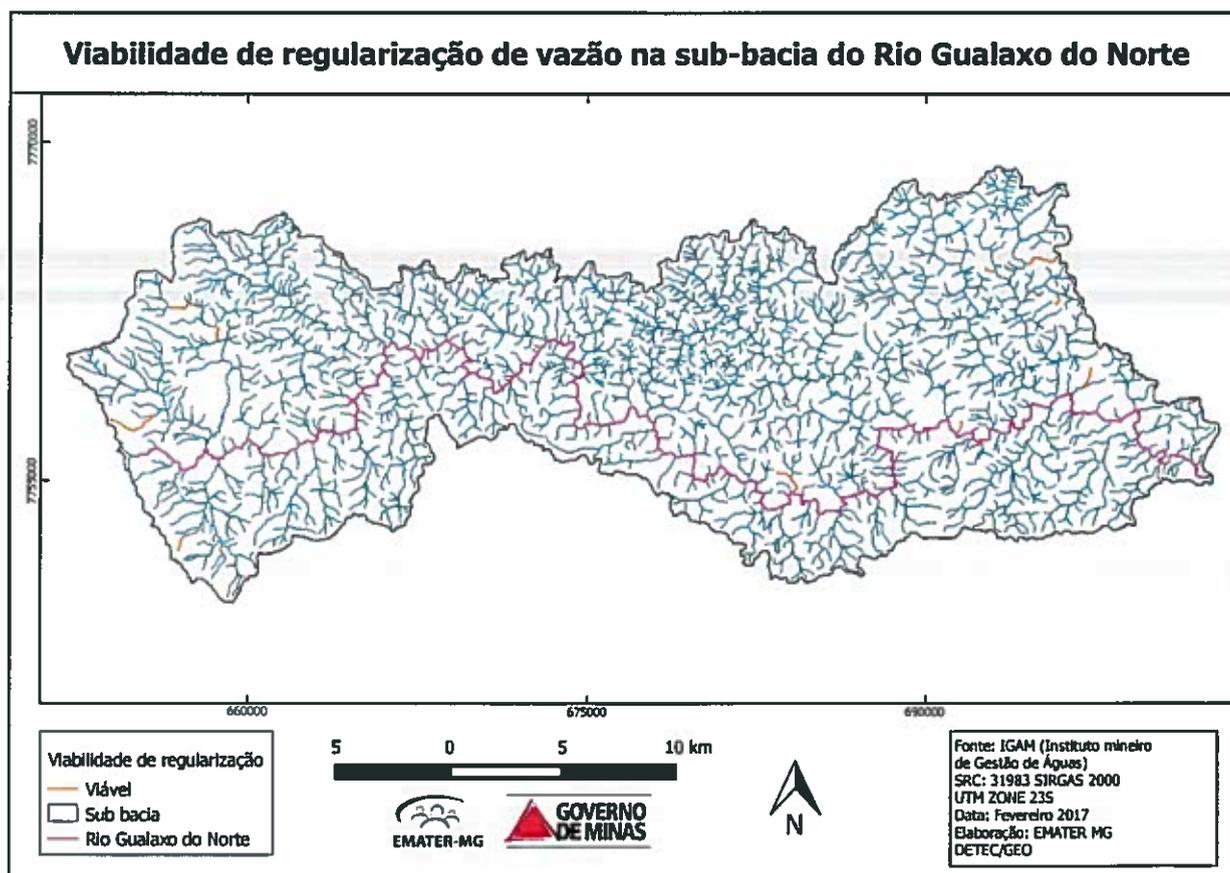


Figura 10- Mapa de viabilidade de regularização da bacia do Rio Gualaxo do Norte

3.3.3 Caracterização dos recursos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do Rio Gualaxo do Norte

Após análise da disponibilidade hídrica da bacia do Rio Gualaxo do Norte, foi possível observar que a mesma apresenta-se comprometida em alguns trechos. São dois com indisponibilidade hídrica e dois em estado de atenção. Demonstrando que o fator de captação é, relevante, mas não é o principal impactante da bacia.

Área de drenagem: 560 km²

Vazão de referência (Q_{7, 10}): 3,2872 m³/s

Vazão média de longo período (Qmlp): **10,7734 m³/s**

Capacidade de regularização natural: **31% classificado como alta capacidade índice**

($r_{7,10} = Q_{7,10}/Q_{mlp}$) no intervalo 31 a 40%

Disponibilidade (vazão máx. outorgável 50% Q_{7,10}): **1,6436 m³/s**

Demanda (vazão outorgada): **0,1570 m³/s**

Relação demanda/disponibilidade: **9,55%**

3.4 Unidades de Paisagem da Bacia do Rio Gualaxo do Norte

A metodologia adotada para a identificação das Unidades de Paisagem foi desenvolvida por Fernandes (2000). Essa metodologia consiste na integração e no estabelecimento das correlações entre as seguintes variáveis ambientais: geologia, relevo e solo. O resultado é representado pela definição das Unidades de Paisagem, que, por sua vez, permitem definir ou, no caso, indicar o potencial e a aptidão do uso múltiplo.

Na metodologia considera-se a paisagem, dentro de cada especificidade local, como uma síntese dos componentes dos meios físicos (geologia, relevo e solos) e integrações com o meio biótico (vegetação nativa) e meios socioeconômicos (atividades antrópicas). No caso específico a atividades rurais, é notória a familiaridade de produtores e trabalhadores rurais com a paisagem local, fato que facilita diálogos e discussões pertinentes à capacidade de suporte das respectivas Unidades de Paisagem. O estabelecimento dessa integração permite a identificação delas nos espaços rurais das diversas regiões de Minas Gerais.

O Geoprocessamento é uma ferramenta indispensável para realização de estudos sobre a superfície terrestre. A possibilidade do cruzamento de informações georreferenciadas de diferentes épocas cronológicas facilita a compreensão da dinâmica da superfície.

As unidades de paisagens, a seguir caracterizadas, foram identificadas em mapa preliminar obtida de imagens do satélite Sentinel 2 nas datas de 02 de agosto de 2016 e resultantes de detalhadas observações em campo conduzidas por uma equipe interdisciplinar da EMATER-MG, IGAM e RENOVA.

3.4.1- Procedimentos Metodológicos

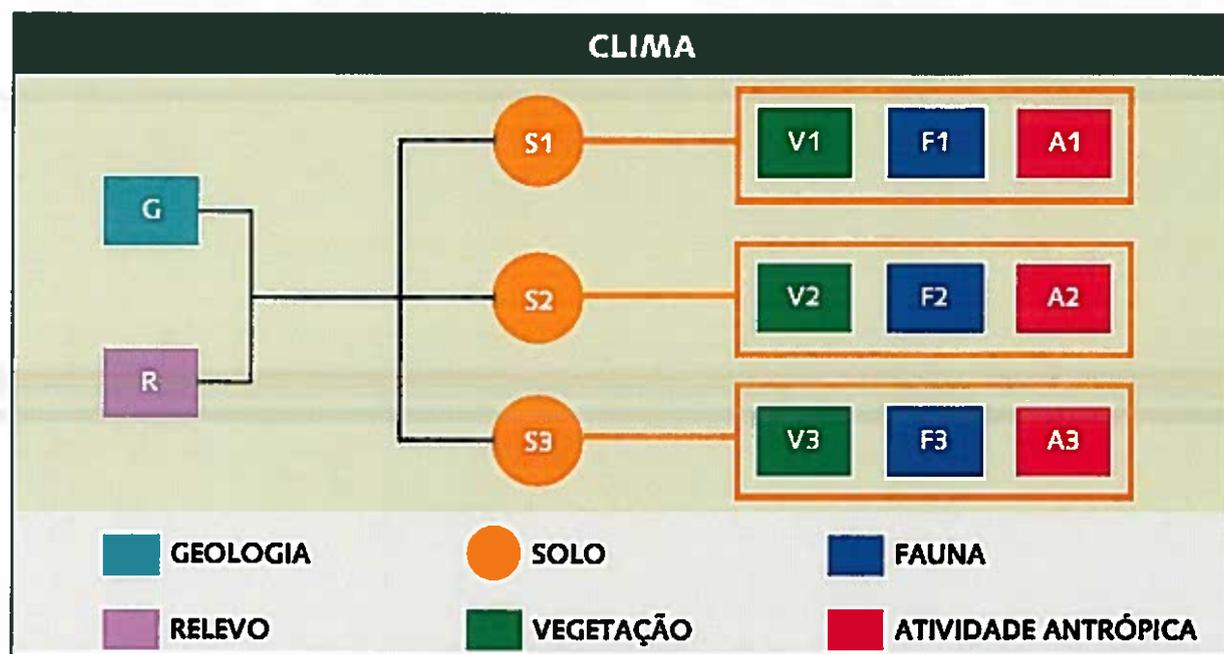


Gráfico 2 – Metodologia de caracterização

No contexto, o Geoprocessamento permitiu, pelo cruzamento de dados de geologia, solo, hidrografia e vegetação, com o SRTM, a espacialização e compartimentalização das Unidades de Paisagem, convencionadas na metodologia de Fernandes. (Figura 10)

- Elaboração, em escritório, de mapas preliminares de distribuição das Unidades de Paisagem (UP) na bacia hidrográfica. Foram utilizadas imagens recentes de satélite.
- Correlações, em campo, das UPs com materiais geológicos e pedológicos.
- Identificação, para cada UP, das potencialidades, limitações, fragilidades e aptidões para fins múltiplos.
- Delineamento do compartimento hidrográfico e do sistema hídrico superficial, identificando os corpos d'água lóticos (águas correntes) e lênticos, naturais e artificiais (lagoas e represas).
- Delimitação e distribuição espacial das Unidades de Paisagem dentro do perímetro da bacia hidrográfica do Rio Gualaxo do Norte.
- Trabalho de campo com registro fotográfico e georreferenciamento das Unidades de

Paisagem.

- Caracterização específica a cada Unidade de Paisagem, enfatizando: morfologia, embasamento geológico/pedológico, cobertura vegetal nativa original, potencialidades, limitações, uso atual e situação ambiental.

Figura 11 – Mapa das principais Unidades de Paisagem da bacia do Rio Gualaxo do Norte

A seguir, serão descritas as principais Unidades de Paisagem distribuídas ao longo da bacia hidrográfica do Rio Gualaxo do Norte.

Cristas (serras) e afloramentos rochosos

Ocorrem com maior expressão nos limites superiores da bacia hidrográfica, fazendo parte do complexo da serra do Espinhaço e localmente são os divisores de água entre as bacias dos rios Doce e São Francisco. Constituídos por quartzitos e pontualmente patamares estruturais e Neossolos Litólicos As vertentes são escarpas rochosos. A escassa vegetação é constituída por campos rupestres.

As fraturas (diaclases), distribuídas na massa rochosa, permitem a ocorrência de aquíferos em meio fraturado. Importante salientar que as proposições para adequação ambiental constantes deste relatório.

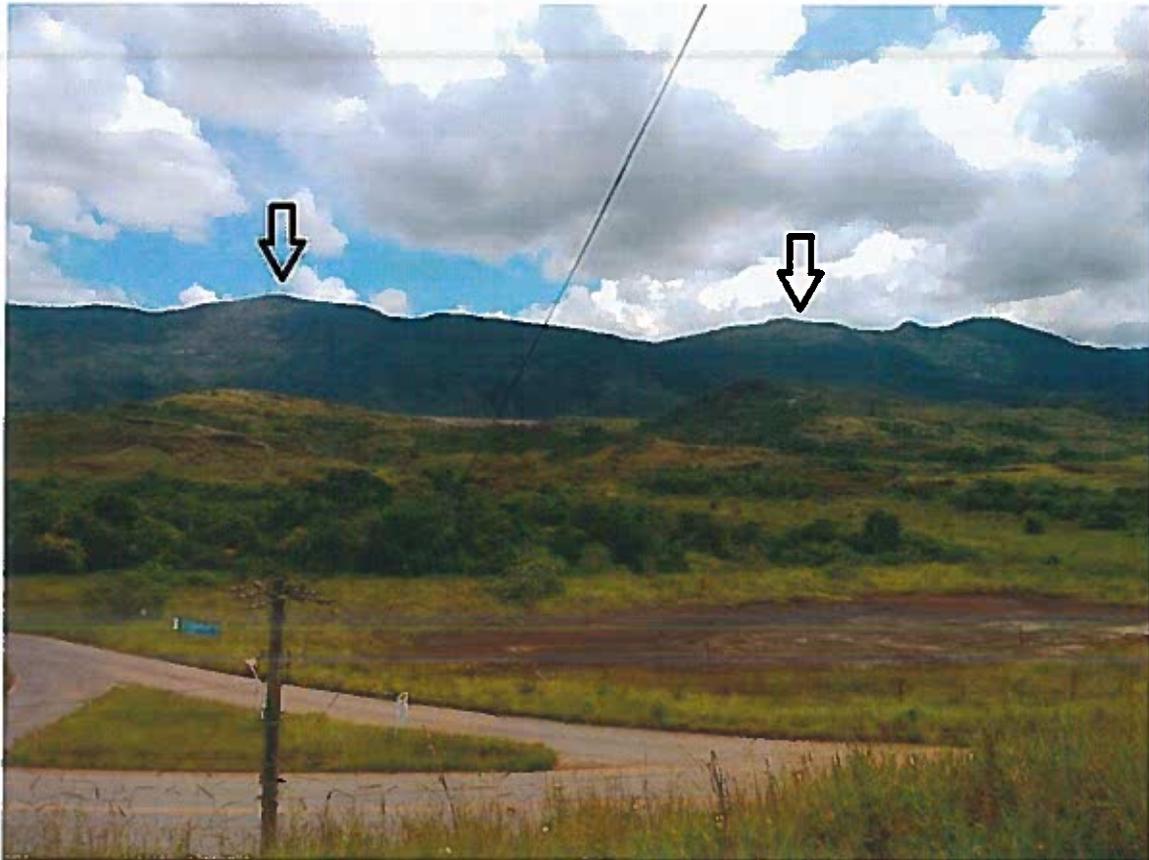


Figura 12: Cristas (serras). Fonte: Felipe Fonseca.

Apresentam fortes limitações aos usos e ocupações antrópicos decorrentes de afloramentos rochosos e declividades íngremes. Porém apresentam aptidões para o ecoturismo, preservação da biodiversidade, recarga de aquíferos, lazer e esportes radicais.

Pontualmente nos médio e baixo trecho da bacia se distribuem afloramentos de gnaisses, em colinas cônicas, e matacões em vertentes de colinas.

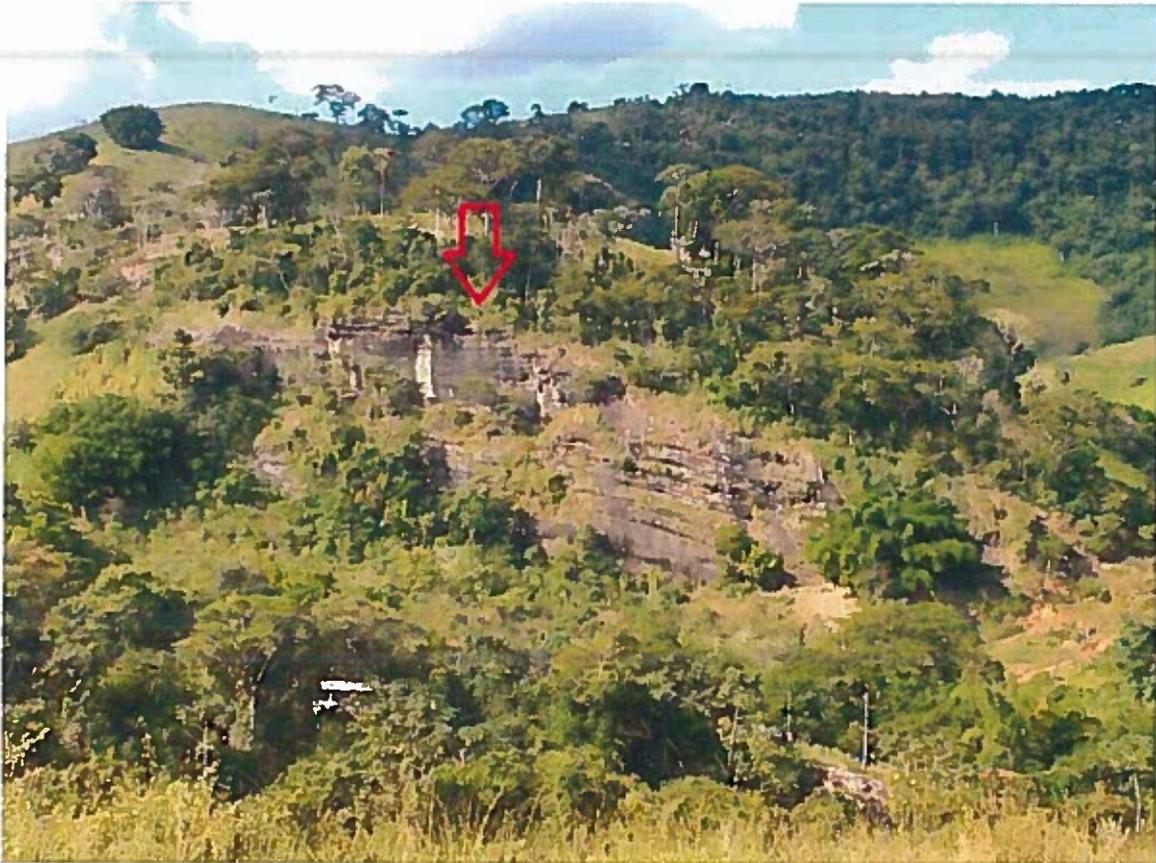


Figura 13: Afloramento Rochoso. Fonte: Felipe Fonseca

Vales encaixados

Com exceção do baixo trecho, predominam nesta bacia hidrográfica vales encaixados, ou seja, sem a inserção de planícies fluviais. O talvegue destes vales ocorre entre as colinas e apresenta trajetos retilíneos ($CS= 1$) e elevados gradientes de canal. Estes vales podem inserir cursos d'água perenes, temporários ou efêmeros.

Os elevados gradientes de canal propiciam o rápido escoamento do fluxo hídrico, inclusive resultantes de águas pluviais.

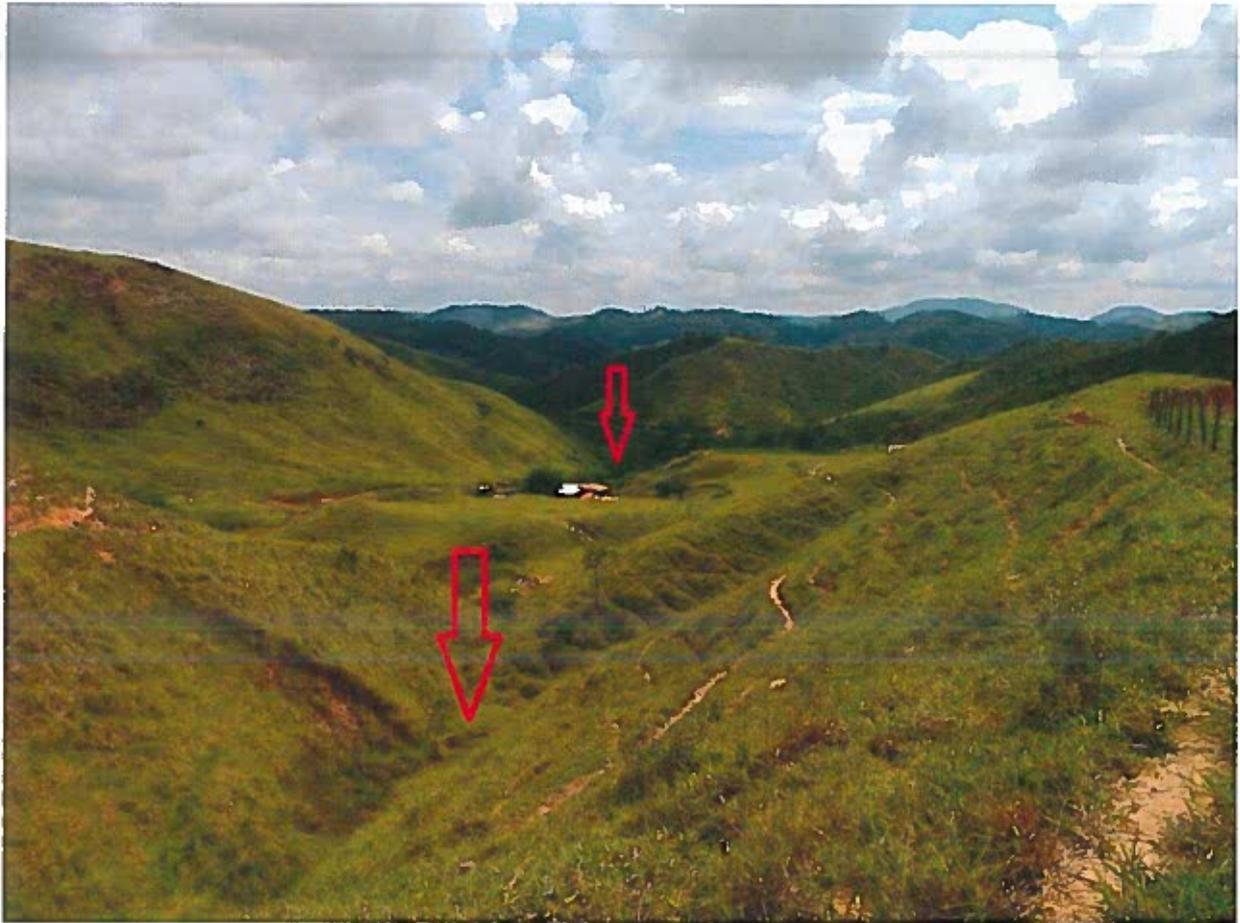


Figura 14: Vales Encaixados. Fonte: Felipe Fonseca

As vertentes íngremes ligadas aos talvegues permitem o estabelecimento de barramentos com aterros estreitos, represa profunda e pouca extensão de lâmina d'água. Quando abrigam cursos d'água temporários e efêmeros, estes barramentos são eficazes na "colheita" de águas pluviais.



Figura 15: Vale Encaixado. Fonte: Felipe Fonseca.

Vertentes convexas e topo alongado

Estas unidades são características do embasamento de rochas cristalinas, especialmente gnaisses e granitos. A conformação convexa das vertentes condiciona escoamento superficial das águas pluviais que, em solo descoberto, acelera processos de erosão laminar. Os solos que ocorrem nestas unidades são predominantemente os Latossolos tanto nos topos alongados quanto nas vertentes convexas. A ocorrência de terracetes testemunha processos formação de rampas. A utilização predominante observada nesta bacia hidrográfica são pastagens.



Figura 16: Colina de topo alongado. Fonte: Felipe Fonseca



Figura 17: Colina de topo alongado. Fonte: Felipe Fonseca.

Processos de erosão laminar e lotação animal nestas áreas condicionam níveis de degradação significativos.



Figura 18: Vertente Convexa. Fonte: Felipe Fonseca.

Nesta bacia hidrográfica as vertentes convexas são indicadas para silvicultura sendo os topos alongados áreas de recarga de aquíferos.



Figura 19: Vertentes Convexas. Fonte: Felipe Fonseca.

Vertentes côncavas em anfiteatros

A conformação destas unidades propicia a concentração das águas pluviais e nutrientes em processos opostos aos das vertentes convexas. Nestas condições, aliadas a presença de solos menos desenvolvidos, os solos apresentam níveis de fertilidade natural superiores aos das vertentes convexas. Apresentam grau médio de erodibilidade que demandam manutenção permanente de cobertura vegetal em especial pastagens e capineiras.

Esta unidade é distribuída pontualmente nos médios e alto trechos desta bacia hidrográfica. Ao lado dos terraços fluviais, são as unidades de maior potencial de uso com atividades agropecuárias.



Figura 20: Vertentes côncavas em anfiteatros. Fonte: Felipe Fonseca

Vertentes ravinadas

Estas unidades ocorrem em vertentes de elevadas declividades e alicerçadas por solos de baixo grau de desenvolvimento – Cambissolos e Neossolos lítólicos. Devem ser mantidas nas condições naturais e nenhuma remoção mecânica ou manual.

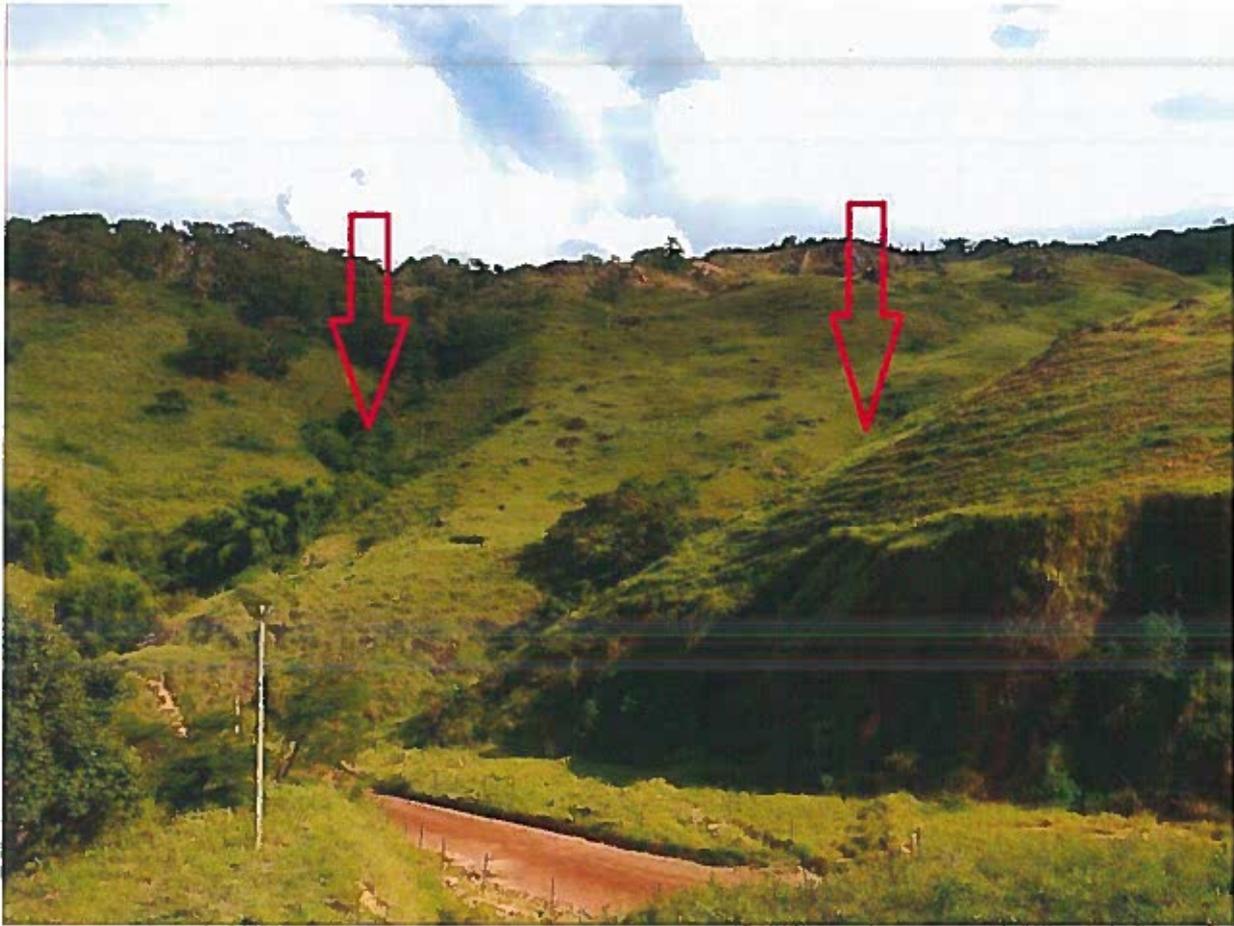


Figura 21: Vertente Ravinada. Fonte: Felipe Fonseca.

Colinas cônicas

Enquanto as colinas de conformação convexa apresentam solos mais desenvolvidos as de conformação cônica são alicerçadas por afloramentos rochosos associados a solos de menor grau de desenvolvimento – Neossolos litólicos e Cambissolos.

Nesta bacia hidrográfica estão sob vegetação nativa do bioma Mata Atlântica. Devem ser mantidas nas condições naturais.

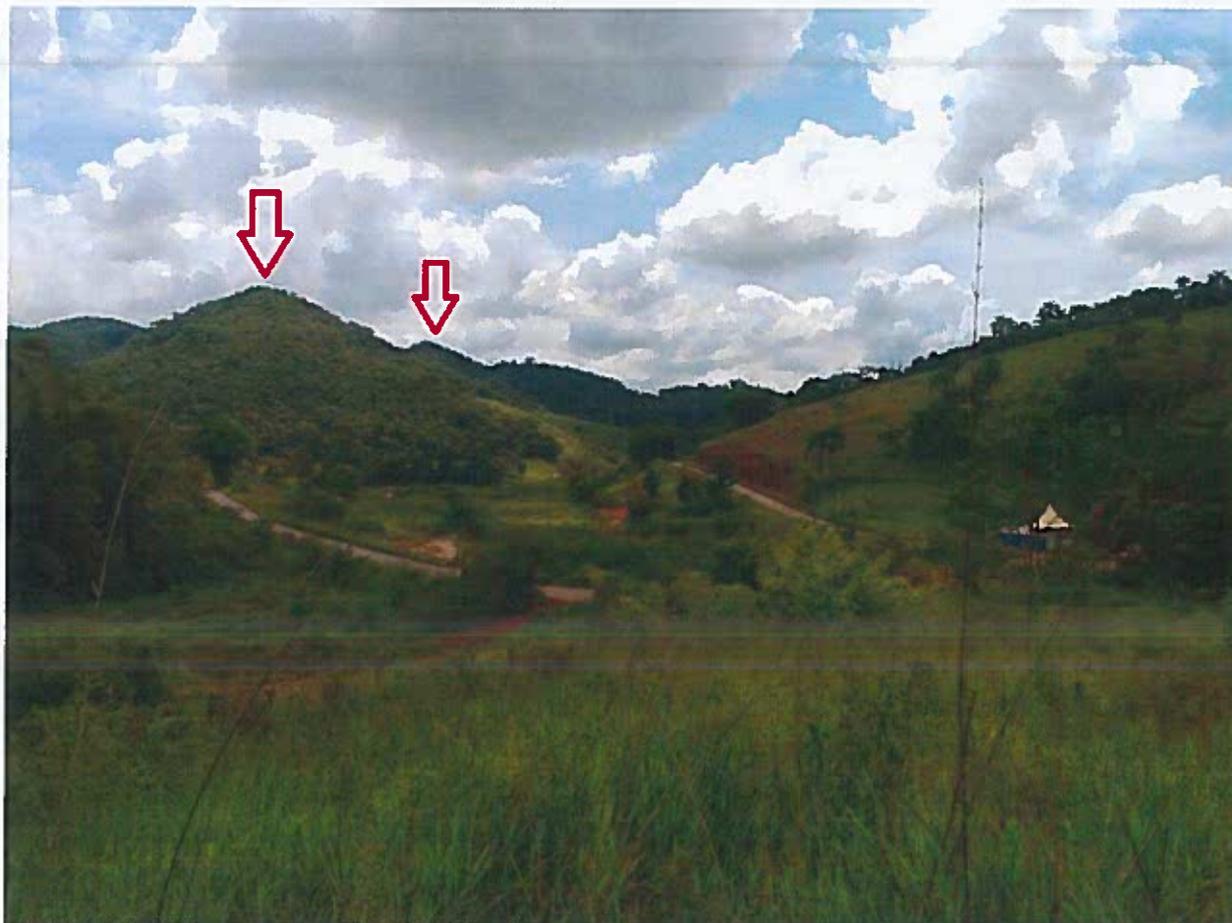


Figura 22: Colinas de conformidade cônica. Fonte: Felipe Fonseca.



Figura 23: Colinas de conformidade cônica. Fonte: Felipe Fonseca.

Rampas de colúvio

São vertentes retilíneas geradas pelo deslizamento lento dos solos, apresentando comprimento de rampa relativamente longo. A declividade e o comprimento destas vertentes favorecem a instalação de processos de erosão hídrica laminar.



Figura 24: Rampa de Colúvio. Fonte: Felipe Fonseca.

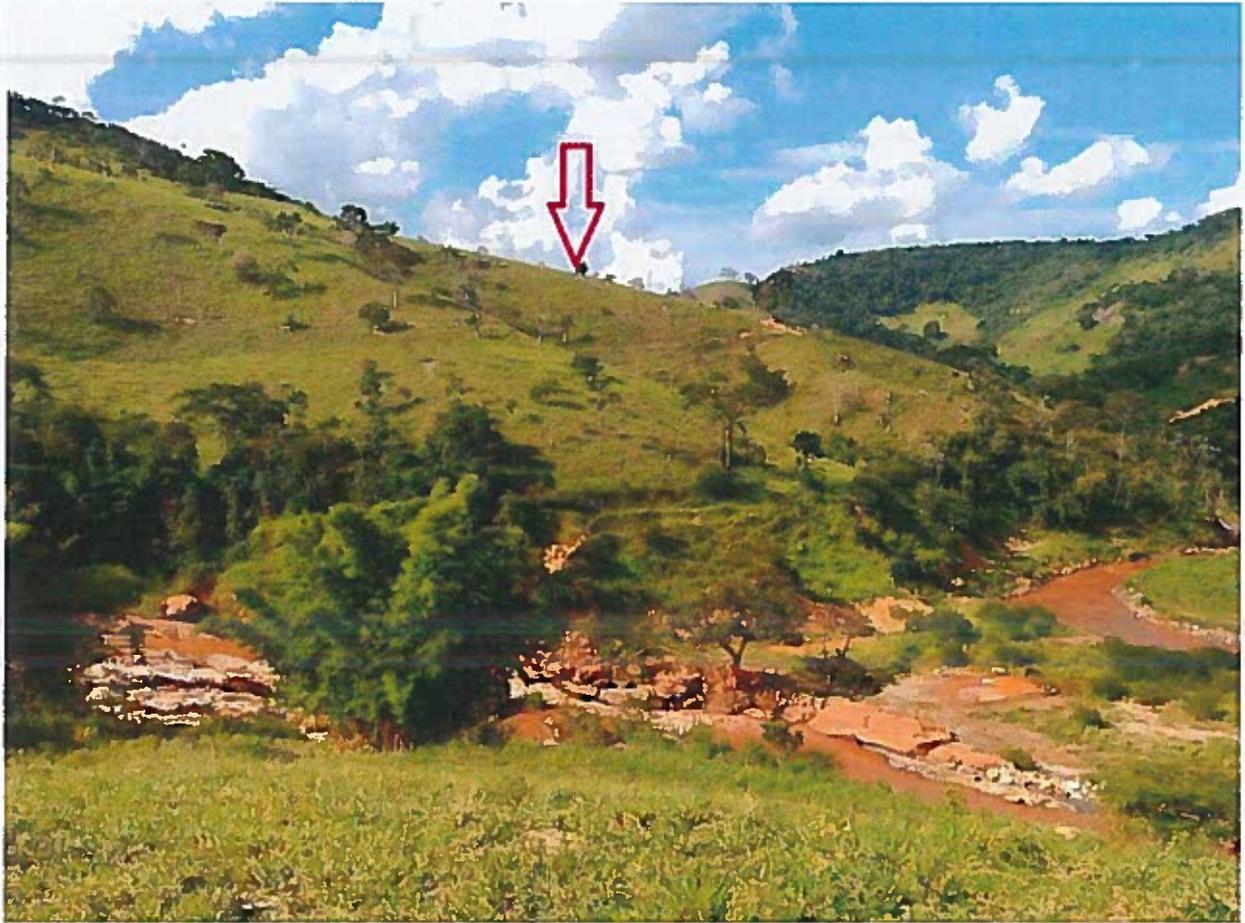


Figura 25: Rampa de Colúvio. Fonte: Felipe Fonseca.

Terraços fluviais

São antigas planícies fluviais quando o leito dos cursos d'água ocupavam cotas superiores. No baixo trecho da bacia hidrográfica do rio Gualaxo do Norte, observou-se dois níveis de terraços.



Figura 26: Terraços Fluviais. Fonte: Felipe Fonseca.

Em níveis mais elevados, em relação com a calha do rio, apresentam aptidão para praticamente todos os usos e utilizações. Os solos destas unidades são Cambissolos em evolução para Argissolos.

São expressivos no baixo trecho desta bacia hidrográfica.



Figura 27: Terraços Fluviais. Fonte: Felipe Fonseca.

Planícies fluviais

Também denominadas de planícies de inundação e de leito maior dos cursos d'água. Se distribuem margeando pequenos cursos d'água contribuintes do rio Gualaxo do Norte, em especial no médio trecho desta bacia hidrográfica. Apresenta Neossolos flúvicos com inclusões de Gleissolos. A principal limitação aos usos e ocupações se referem a riscos de encharcamentos e inundações periódicas. Podem abrigar nascentes difusas constituindo áreas de preservação permanentes.

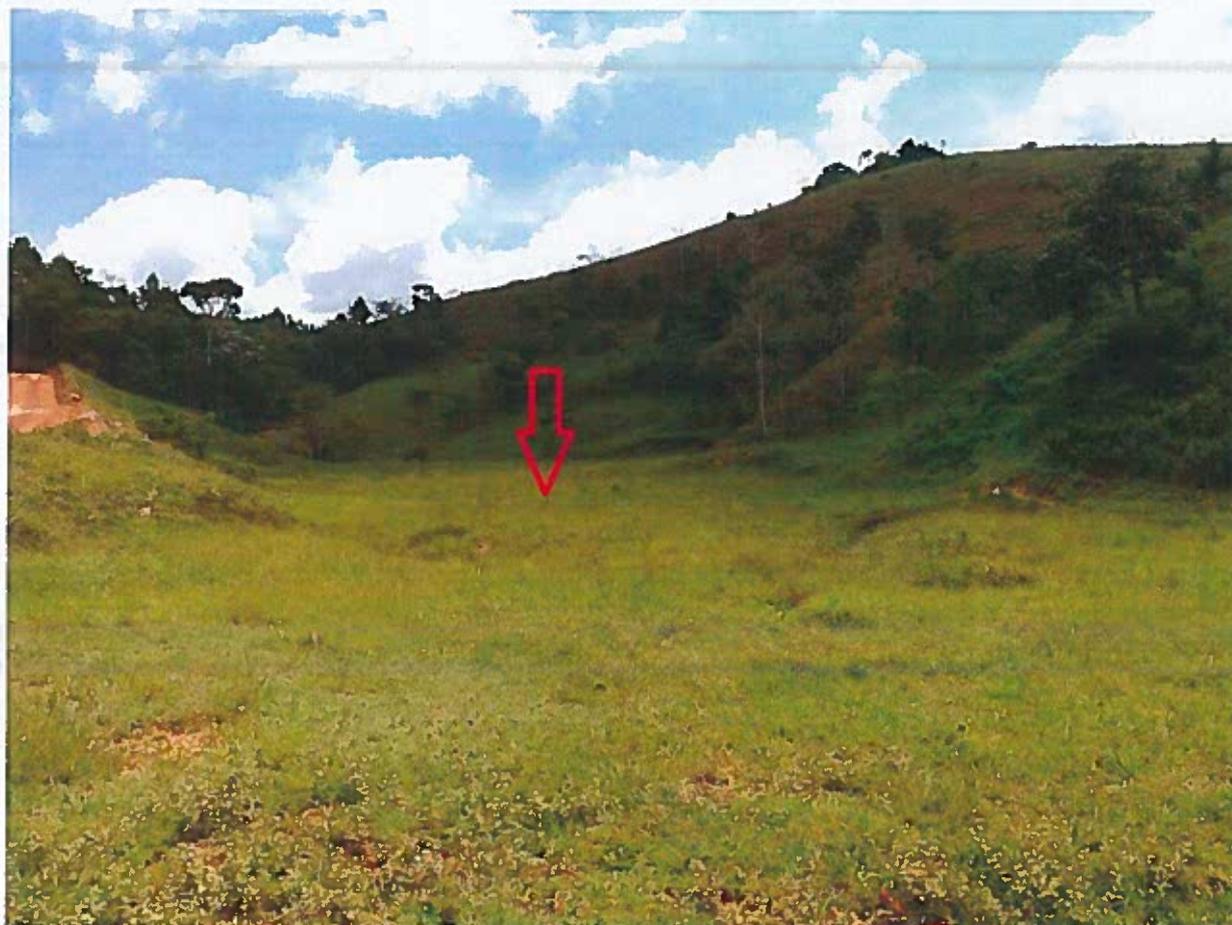


Figura 28: Planície Fluvial. Fonte: Felipe Fonseca.

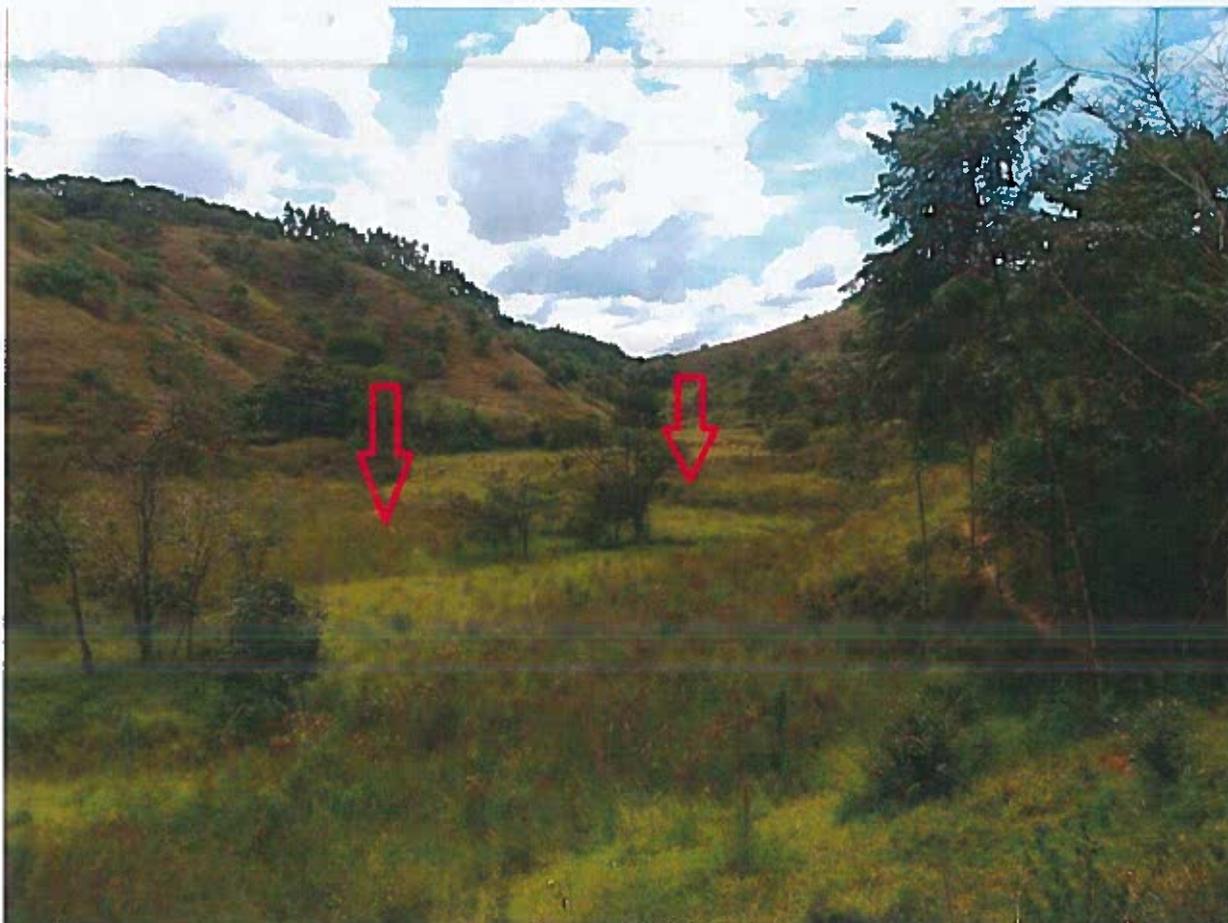


Figura 29: Planícies Fluviais. Fonte: Felipe Fonseca.

Em níveis mais elevados, em relação com a calha do rio, apresentam aptidão para praticamente todos os usos e utilizações. Os solos destas unidades são Cambissolos em evolução para Argissolos.

São expressivos no baixo trecho desta bacia hidrográfica.

3.4.2 Considerações

As feições de paisagens desta bacia hidrográfica são características do domínio de rochas cristalinas, no presente caso, predominância dos gnaisses. A ocorrência de fragmentos de Mata Atlântica que ocupam vários tipos de unidades ambientais decorre principalmente das limitações par usos e ocupações, sobretudo pelo relevo acidentado. A drenagem segue o padrão dendrítico com vales encaixados nos interflúvios. A suavização do gradiente de canal do rio Gualaxo do Norte ocorre no sentido da foz com o rio do Carmo com abertura em terraços fluviais.

4- BASES PARA ADEQUAÇÃO SÓCIO ECONÔMICA E AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GUALAXO DO NORTE

As medidas para adequação sócio econômica e ambiental devem, em primeiro lugar, assumir que a maioria das intervenções são propostas para propriedades privadas e que o consentimento e comprometimento dos respectivos proprietários são fundamentais.

Estas proposições, para serem efetivadas, devem observar projetos executivos que, se for o caso, serão objetos de contratos específicos.

Logicamente, as proposições levam em conta as especificidades geofísicas desta bacia hidrográfica e os respectivos usos e ocupações múltiplos atuais.

As características do meio físico tornam o espaço rural com fortes limitações para atividades agropecuárias, especialmente culturas anuais.

Entretanto atividades adequadas ao perfil do produtor rural destas áreas permitem sugerir atividades geradoras de renda compatíveis com as características naturais desta bacia hidrográfica. Dentre estas destacam-se a apicultura, criação de frangos/galinhas caipiras e cultivo de pimentas com agregação de valores.

Além das atividades agrícolas devem ser considerados, nos projetos de adequação ambiental, a adequação do sistema viário interno sobretudo em trechos que cruzem ecossistemas instáveis. Dentro destes projetos os sistemas de drenagens destas estradas devem ser cuidadosamente planejados e executados para a própria segurança das estradas e de terrenos adjacentes. Focos de deslizamentos de massa, tipo rotacional, foram observados pontualmente em trechos instáveis de estradas por alterações dos níveis de base das encostas.

Sendo as pastagens a principal ocupação antrópica nesta bacia hidrográfica, observa-se severas erosões laminares em pastagens das vertentes convexas de elevada declividade com prejuízos às respectivas capacidades de suporte. Medidas de recuperação destas áreas devem ser efetuadas inclusive com prováveis substituições do uso atual por silvicultura.

4.1– Usos e ocupações recomendadas para as unidades de paisagens

Qualquer que seja a unidade de paisagem sob vegetação nativa, no caso específico Mata Atlântica, deve ser mantida intocável sendo crime ambiental qualquer supressão. É notável a correlação de ocorrência do bioma Mata Atlântica com o embasamento de rochas cristalinas –Granitos e Gnaisses. Esta vegetação ocupa variadas unidades de paisagens,

com maior expressão nas colinas cônicas e vertentes com afloramentos rochosos. A interligações entre os remanescentes de Mata Atlântica através de corredores será sugerida. A caracterização integrada de cada unidade de paisagem consta de item específico.

4.1.1 Cristas e afloramentos rochosos

Expressivos como divisores de águas no alto trecho da bacia hidrográfica em questão, constituem áreas de recarpe de aquíferos em meio fraturado. As próprias características naturais inibem usos e ocupações, porém são próprios o ecoturismo e prática de esportes radicais controlados. Atenção redobrada quanto a extrações clandestinas de matérias rochosos para construções civis. Material rochoso predominante é o quartzito com inclusões de Neossolos litólicos colonizados por campos rupestres. Estas unidades no alto trecho desta bacia hidrográfica constituem divisor de águas rio Doce/São Francisco.

4.1.2– Vales encaixados

Os talwegues são aproximadamente retilíneos e as vertentes de elevadas declividades se conectam diretamente ao fundo do vale.

Os solos das vertentes apresentam baixos graus de desenvolvimento e, conseqüentemente, elevadas instabilidades mecânicas e devem ser mantidos nas condições naturais. Apresentam possibilidades para instalações de pequenos barramentos para aproveitamento das águas pluviais, com ganhos de volumes de água em profundidade com um mínimo de lâmina d'água.

4.1.3– Vertentes convexas e topos alongados

A conformação convexa de vertentes favorece a distribuição uniforme do escoamento superficial das águas pluviais levando à instalação de processos erosivos laminar. Os topos alongados, por outro lado, potencializam a predominância da percolação hídrica e, por conseqüência, abastecimento de aquíferos.

Entretanto, pastagens super pisoteadas inibem a percolação hídrica e, conseqüentemente, o abastecimento de aquíferos.

As vertentes convexas de elevada declividade devem, prioritariamente, ser utilizadas com culturas arbóreas permanentes – fruticultura, silvicultura e cafeicultura com linhas em contorno e sistemas de controle de capinas- capinas alternadas.

Como já referido, caso estas unidades estejam sob Mata Atlântica sob as penas da lei

devem ser mantidas e conservadas.

4.1.4– Vertentes côncavas em anfiteatros

A conformação côncava destas unidades favorece, ao contrário das vertentes convexas, a concentração das águas pluviais e de nutrientes.

Nestas unidades os solos tendem a apresentar níveis de fertilidade superiores aos das vertentes convexas podendo ocorrer Argissolos.

Entretanto, a declividade, ocorrência de solos menos desenvolvidos e a concentração de escoamento superficial podem condicionar processos erosivos em sulcos.

Dentro do perfil dos produtores e especificidade desta bacia hidrográfica e compatibilização com aspectos ambientais, o uso e ocupação destas unidades sugerem as seguintes atividades – apicultura, capineiras, pastagens, cultivo de hortaliças e cereais sob manejo de cultivo mínimo. Dentre as hortaliças destaca-se o cultivo da pimenta com agregação de valores. Destaca-se que esta unidade constitui um ambiente físico adequado ao desenvolvimento da agropecuária de natureza familiar.

4.1.5– Vertentes ravinadas

As vertentes ravinadas se distribuem em sequência a topos alongados/convexos de colinas. Apresentam conformação cônica fechadas e se conectam diretamente a talvegues. Podem abrigar surgências de aquíferos freáticos (nascentes pontuais) perenes, temporárias ou efêmeras. Apresentam elevadas declividades e são constituídas por solos de baixos graus de desenvolvimento – Neossolos litólicos e Cambissolos.

Devem ser mantidas sob vegetação natural. No caso de ravinas “secas” apresentam possibilidades de implantação de pequenas barragens de terra para aproveitamento das águas de chuvas.

4.1.6– Colinas cônicas

Todas as colinas de conformação cônica nesta bacia hidrográfica estão sob vegetação de Mata Atlântica. Portanto por força da Lei deve ser mantida como tal. Os segmentos superiores destas colinas apresentam afloramentos rochosos, neste caso específico gnaisses, cujas fraturas abrigam aquíferos em meio fraturado. As vertentes de elevada declividade são constituídas por solos de baixos graus de desenvolvimento – Neossolos litólicos e Cambissolos. Estas vertentes, caso suprimida a vegetação nativa, possibilitam instalação de movimentos de massas de solos.

4.1.7– Rampas de colúvio

São vertentes retilíneas geradas pelo deslizamento lento dos solos, apresentando comprimento de rampa relativamente longo. A declividade e o comprimento destas vertentes favorecem a instalação de processos de erosão hídrica laminar.

Dentro das especificidades desta bacia hidrográfica apresentam aptidão para pastagens, capineiras e silvicultura que, se manejadas corretamente, propiciam cobertura vegetal permanente minimizando a instalação de processos erosivos. Em geral os solos que as compõem são de características latossólicas. Uma alternativa viável para estas condições é a introdução de sistema de integração lavoura-pecuária- floresta.

Medidas de controle de processos erosivos devem ser implantados de acordo com uso agrosilvipastoris a seguir citados;

Pastagens: sistemas de integração com silvicultura (lavoura-pastagens- florestas) e sulcos em contorno;

Fruticultura arbórea: plantio em contorno e capinas controladas.

4.1.8– Terraços fluviais

Os terraços fluviais são expressivos no baixo trecho da bacia hidrográfica do rio Gualaxo do Norte. Em um dos segmentos do baixo trecho verifica-se dois níveis de terraços. Os solos que compõem estas unidades originam-se de sedimentos depositados – Cambissolos, fase terraço em evolução para Argissolos.

Por se localizarem em cotas superiores à calha do rio, não apresentam suscetibilidades atuais a inundações. Apresentam total aptidão atividades agropastoris e núcleos populacionais. Estas aptidões são potencializadas pelo relevo plano e, face as características geológicas/pedológicas desta bacia hidrográfica, podem apresentar de médios a altos níveis de fertilidade.

Entretanto, os níveis elevados de argila os tornam vulneráveis à compactação que, em períodos chuvosos, levam a encharcamentos pontuais. Sistema de manejo devem ser levados em conta para minimizar processos de compactação destacando-se técnicas de plantio direto.

4.1.9– Planícies fluviais

Se distribuem margeando pequenos cursos d'água contribuintes do rio Gualaxo do Norte, em especial no médio trecho desta bacia hidrográfica. Apresenta Neossolos flúvicos com inclusões de Gleissolos. No período chuvoso apresentam solos encharcados e nascentes

difusas. Devem ser mantidas como áreas de preservação permanente inclusive vegetação ciliar. Pastagens nestes solos encharcados podem provocar pododermatite em bovinos.

4.2- Considerações

A bacia hidrográfica do rio Gualaxo do Norte, diretamente afetada pelo acidente do rompimento da barragem de rejeito, apresenta um mosaico de unidades de paisagens onde predominam áreas acidentadas e vales encaixados. Apresentam considerável ocupação por Mata Atlântica cuja legislação ambiental vigente não permite supressão. As demais áreas são ocupadas por pastagens em diversos níveis de degradação e baixas capacidades de suporte, decorrentes de processos erosivos sobretudo em pastagens instaladas em vertentes convexas. As unidades com real aptidão para uso agropecuário se restringem aos anfiteatros, distribuídos nesta bacia hidrográfica e terraços fluviais expressivos no baixo trecho.

A expressiva área com Mata Atlântica favorece atividades apícolas inclusive com agregação de valores (própolis e envasamento).

Salienta-se que as intervenções sugeridas envolvem a participação de proprietários rurais cujo consentimento e adoção das medidas propostas devem ser por eles legitimadas.

5- GEOFORMAS, CICLO HIDROLÓGICO E PROCESSOS EROSIVOS

As feições e características superficiais de segmentos das paisagens condicionam as vias das águas pluviais ao atingirem estas superfícies – infiltração ou escoamento superficial.

No caso do escoamento superficial, estas feições condicionam a distribuição uniforme ou concentração destas águas refletindo, aliados à natureza dos respectivos solos, na modalidade do processo erosivo. Portanto, cada segmento da paisagem influi, no conjunto, no ciclo hidrológico das bacias hidrográficas onde são inseridas.

Apresenta-se, a seguir, a tendência de resposta de segmentos da paisagem à precipitação pluviométrica e os efeitos nos processos erosivos e na recarga de aquíferos (áreas de recarga de aquíferos).

- Características de unidades de recarga de aquíferos.

A primeira condição se refere a segmentos com relevos que favoreçam processos de infiltração – relevos planos e suavemente ondulados. Para tanto devem ser considerados os diferentes tipos de aquíferos, a saber freático, meio fraturado e meio poroso.

Aqüíferos freáticos

Apresentam-se mais próximos da superfície e, em geral, oscilam na macroporosidade dos solos sendo limitado por camadas impermeáveis de rochas ou argilas compactadas. A surgência destes aquíferos são expressivas em planícies fluviais constituindo nascentes difusas. Ocorrem também em vertentes nas interfaces rochas/solos com a denominação vulgar de minas.

A recarga destes aquíferos ocorre, com maior expressão, em topos de colinas, superfícies tabulares/onduladas, planícies/terraços fluviais e fundos de vales. A compactação dos solos, em geral Latossolos argilosos, destas unidades limita as respectivas funções de recarga.

Aqüíferos em meio fraturado

As rochas, por efeito de ciclos de aquecimento/resfriamento, apresentam fraturas que armazenam águas pluviais. Este tipo de aquífero é comum nas rochas compactas com baixa porosidade, tais como granitos/gnaisses e quartzitos. A surgência destes aquíferos pode ocorrer em forma de cachoeiras, comuns nas serras do Espinhaço e Mantiqueira.

Aqüíferos em meio poroso ou granuloso

As águas pluviais são armazenadas em toda a massa de rochas de elevadas porosidade, tais como os arenitos. É o caso do aquífero Guarani.

As principais áreas de recarga destes aquíferos são os platôs areníticos que ocorrem com maior expressão no triângulo Mineiro, Noroeste de MG e Norte de MG.

Apesar de serem naturalmente de boa qualidade hídrica podem ser contaminados por agroquímicos de elevada solubilidade.

- Características de vertentes e escoamento superficial (enxurrada, run off)

O escoamento superficial executa o transporte do material de solos desagregado, correspondendo às fases O2 e O1 do processo erosivo, respectivamente. A capacidade de transporte de sedimentos é denominada de competência de transporte e é função da energia do fluxo hídrico.

Esta energia é função da velocidade do escoamento e do volume de água. Por outro lado,

a conformação das vertentes condiciona o fluxo hídrico superficial e as possibilidades dos tipos de erosão, conforme o item 3 deste trabalho.

- **Unidades com tendência a processos de erosão laminar**

Refere-se à deslocamento de camadas uniformes do perfil dos solos.

Para que ocorra esta uniformidade, as vertentes devem apresentar feições que permita a distribuição uniforme do escoamento superficial.

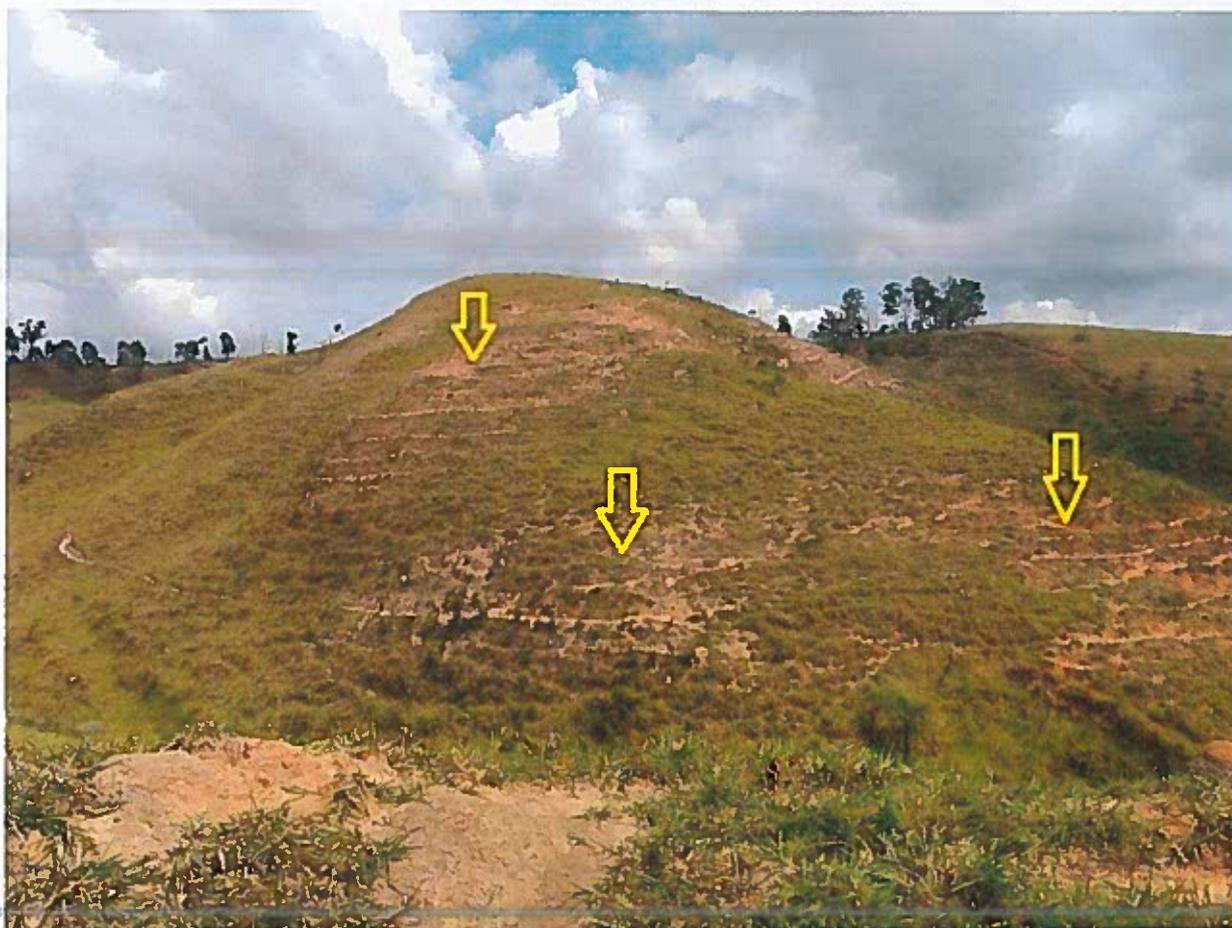


Figura 30. Erosão Laminar. Fonte: Felipe Fonseca.

Com estas características apresentam-se as seguintes unidades de paisagens que ocorrem em Minas Gerais.

Vertentes Convexas:

Estas unidades são comuns nos domínios das rochas cristalinas (granitos, gnaisses e micaxistos) nas regiões mineiras do Leste, Sul de Minas e Campo das Vertentes em colinas. Os solos predominantes nestas unidades são os Latossolos.

Face à suscetibilidade à erosão laminar, esta unidade deve ser cultivada apenas por pastagens, culturas permanentes (fruticultura, cafeicultura) e silvicultura.

Rampas de colúvio e Vertentes retilíneas

Apresentam declividades mais suaves que as vertentes convexas das colinas, porém a extensão destas rampas é expressiva (Foto 02). No Triângulo Mineiro existem rampas com dezenas de metros de extensão. Os solos predominantes são os Latossolos.

Os processos de controle do escoamento superficiais são aqueles seccionadores de rampas tais como, faixas de retenção, cordões em contorno e, dentro de critérios especiais, terraceamento.

Desde que implantados sistema de controle da erosão, estas unidades podem ser utilizadas com culturas anuais (cereais e hortaliças), pastagens, culturas permanentes e silvicultura.

- **Unidades com tendência a processos de erosão em sulco**

O processo de erosão em sulco é consequência da concentração do fluxo do escoamento hídrico superficial e da heterogeneidade do perfil dos solos.

A concentração do fluxo do escoamento superficial reflete na respectiva energia para desagregação e competência de transporte de materiais de solos.

Por outro lado, a heterogeneidade no perfil dos solos, especialmente estrutural e textural, leva a diferencial de infiltração dos solos e, conseqüentemente, abertura de sulcos de erosão.

As unidades com maiores possibilidades de instalação destes processos erosivos são as vertentes côncavas que favorecem a concentração de águas pluviais e ocorrem solos com maiores heterogeneidades no perfil.

- **Unidades de paisagens com tendência a processos de erosão em voçorocas (ravinamento acelerado)**

Constitui a expressão mais drástica de processos erosivos atingindo camadas profundas de solos e subsolos. Depois de instaladas torna-se técnica e economicamente inviáveis a reversão do processo. Assim a forma mais racional é a prevenção de instalação deste processo erosivo. Para tanto, é fundamental o conhecimento das características e natureza dos solos e sua inserção na paisagem, passíveis de instalação deste processo.

Os solos mais suscetíveis a voçorocamento são:

- CAMBISSOLOS
- NEOSSOLOS Litólicos (A/C e A/Saprolitos)

A instabilidade mecânica destes solos está relacionada com a incipiência de horizonte estável (horizonte B) nos Cambissolos e ausência deste horizonte nos Neossolos. Estes solos pouco desenvolvidos ocorrem em vertentes ravinadas e em superfícies onduladas no domínio de rochas pelíticas (ardósias, metasiltitos).

- **Unidades de paisagens com tendência a processos de deslizamentos de massa**

Esta modalidade de erosão pode causar tanto danos patrimoniais quanto de vidas humanas, além de bloquear sistemas viários.

A dinâmica destes processos é relativamente simples (Fig....).

6. POTENCIAL DE ADEQUAÇÃO SOCIOECONÔMICA E AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GUALAXO DO NORTE E INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS

A promoção da sustentabilidade demanda a integração de ações produtivas, organizativas e ambientais, alinhadas pelo interesse de ativação das capacidades econômicas e de governança da sociedade civil e de instituições públicas e privadas presentes no território. O fomento de boas práticas produtivas e a consolidação de instrumentos de governança e articulação possibilitam a compatibilização entre a necessidade do desenvolvimento econômico e social e a recuperação ambiental.

Após diversas ações de articulação e levantamento de dados em campo, foi elaborada uma descrição com o Potencial de Adequação que constitui o objetivo precípua deste trabalho.

7- ANÁLISES MULTICRITÉRIO PARA PRIORIZAÇÃO DE ÁREAS

7.1 Objetivo

Definir áreas prioritárias nas sub-bacias do Rio Gualaxo do Norte, para receberem ações de recuperação e adequação ambiental.

7.2 Critérios para Priorização das Áreas

Para consideração das áreas prioritárias, foi elaborada uma metodologia baseada nas análises multicritério, cujo procedimento baseia-se no mapeamento de variáveis por plano de informação e na definição do grau de pertinência de cada plano e de cada um de seus componentes de legenda para a construção do resultado final, utilizando-se de fatores de ponderação, sempre que necessário (Moura, 2007). Esta técnica tem sido empregada em diversos estudos relacionados ao planejamento ambiental, devendo ser utilizada em situações, nas quais a análise de apenas uma variável não representa a realidade do fenômeno estudado (Santos, 2010). Para realização dessas análises, utilizou-se, como base de dados e informações, do Zoneamento Ambiental e Produtivo – ZAP.

7.2.1 Metodologia proposta para definição dos critérios de seleção das áreas

Os modelos baseados em decisão multicritério são indicados para problemas nos quais existem vários fatores que se inter-relacionam. Desta forma, foram elaborados para esse caso sete índices que subsidiaram a priorização das sub-bacias hidrográficas para a implantação de programas e projetos de conservação e recuperação de nascentes e topos de morro, na bacia do Rio Gualaxo do Norte. São eles:

Índice de antropização de Áreas de Preservação Permanente fluviais – I_{app}

Esse indicador quantifica que a relação entre a área de mata ciliar contida nas Áreas de Preservação Permanente fluviais pode variar de 1 a 100, sendo que quanto menor o índice, menor é o nível de intervenção antrópica nas APPs, e pode ser calculado utilizando a seguinte fórmula:

$$I_{app} = \left(1 - \left(\frac{A_{cil}}{A_{app}}\right)\right) * 100$$

Sendo:

A_{cil} = Área de mata ciliar inscrita em APP fluvial (ha)

A_{app} = Área total de APP da sub-bacia em análise (ha)

Os valores de A_{cil} e A_{app} podem ser obtidos, utilizando os dados do Zoneamento Ambiental e Produtivo da Bacia – ZAP.

Índice de cobertura vegetal nativa em topos de morro – I_{nat}

Nesse índice se verifica a relação percentual da cobertura de vegetação nativa remanescente dentro da Unidade de Paisagem, denominada colina de topo alongado com vertente convexa. Essa Unidade de Paisagem concentra as maiores áreas de recarga de lençol freático. Pode ser calculado pela seguinte fórmula:

$$I_{app} = \left(1 - \left(\frac{A_{cil}}{A_{app}}\right)\right) * 100$$

Sendo:

A_{nat} = Área de mata nativa contida na Unidade de Paisagem colina de topo alongado com vertente convexa (ha)

A_{ctc} = Área total da unidade colina de topo alongado com vertente convexa (ha)

Os valores das áreas acima podem ser obtidos do ZAP.

Índice de concentração de nascentes – I_{nas}

Esse indicador avalia a quantidade de nascentes pontuais existentes em uma determinada área. Parte do princípio de que cada nascente identificada ocupa uma área de 0,78 ha, correspondendo ao círculo formado por um raio de 50 m. A fórmula para determinação do índice segue abaixo:

$$I_{app} = \left(1 - \left(\frac{A_{cil}}{A_{app}}\right)\right) * 100$$

Sendo:

N°_{nas} – Número de nascentes existentes em uma determinada sub-bacia (ha)

A_{sub} – Área total de sub-bacia em estudo (ha)

I_{nas} - Índice de concentração de nascentes (n° de nasc./100 ha)

Como os demais parâmetros, n°_{nas} e A_{sub} podem ser obtidos pelo ZAP.

Índice de Comprometimento da Disponibilidade Hídrica – Icdh

Nesse índice se verifica o nível de comprometimento da disponibilidade hídrica dentro da sub-bacia em estudo. É calculado pela relação da diferença da vazão outorgável na bacia e a vazão outorgada pela vazão outorgável. Pode ser calculado pela fórmula:

$$I_{app} = \left(1 - \left(\frac{A_{cilt}}{A_{app}}\right)\right) * 100$$

Sendo:

$Q_{7,10}$ = vazão mínima média de 7 dias sequentes, estimada para um período de retorno igual a 10 anos na foz da sub-bacia em estudo (m^3/s).

Q_{out} = vazão outorgada na bacia em estudo (m^3/s).

Índice de conservação da bacia

Esse índice verifica a relação percentual da cobertura de vegetação nativa remanescente dentro de toda área da bacia hidrográfica. Contudo o “índice de conservação da bacia” não deve ser analisado de forma independente, pois tão importante quanto a quantidade é a localização dos fragmentos de mata nativa. Apresenta o mapeamento das áreas conservadas e antropizadas. Pode ser calculado pela seguinte fórmula:

$$I_{app} = \left(1 - \left(\frac{A_{cilt}}{A_{app}}\right)\right) * 100$$

Sendo:

A_{con} = Área conservada com vegetação nativa

A_{bacia} = Área total da bacia ha

7.3 Priorização das Sub-bacias

Para realização destas análises, a bacia do Rio Gualaxo do Norte foi subdividida em 05 sub-bacias existentes no território, a saber: sub-bacia leito do Rio Gualaxo do Norte, sub-bacia do córrego Novidade, sub-bacia do córrego do Santarém, sub-bacia ribeirão Águas Claras e sub-bacia ribeirão Paciência. (Figura 31)

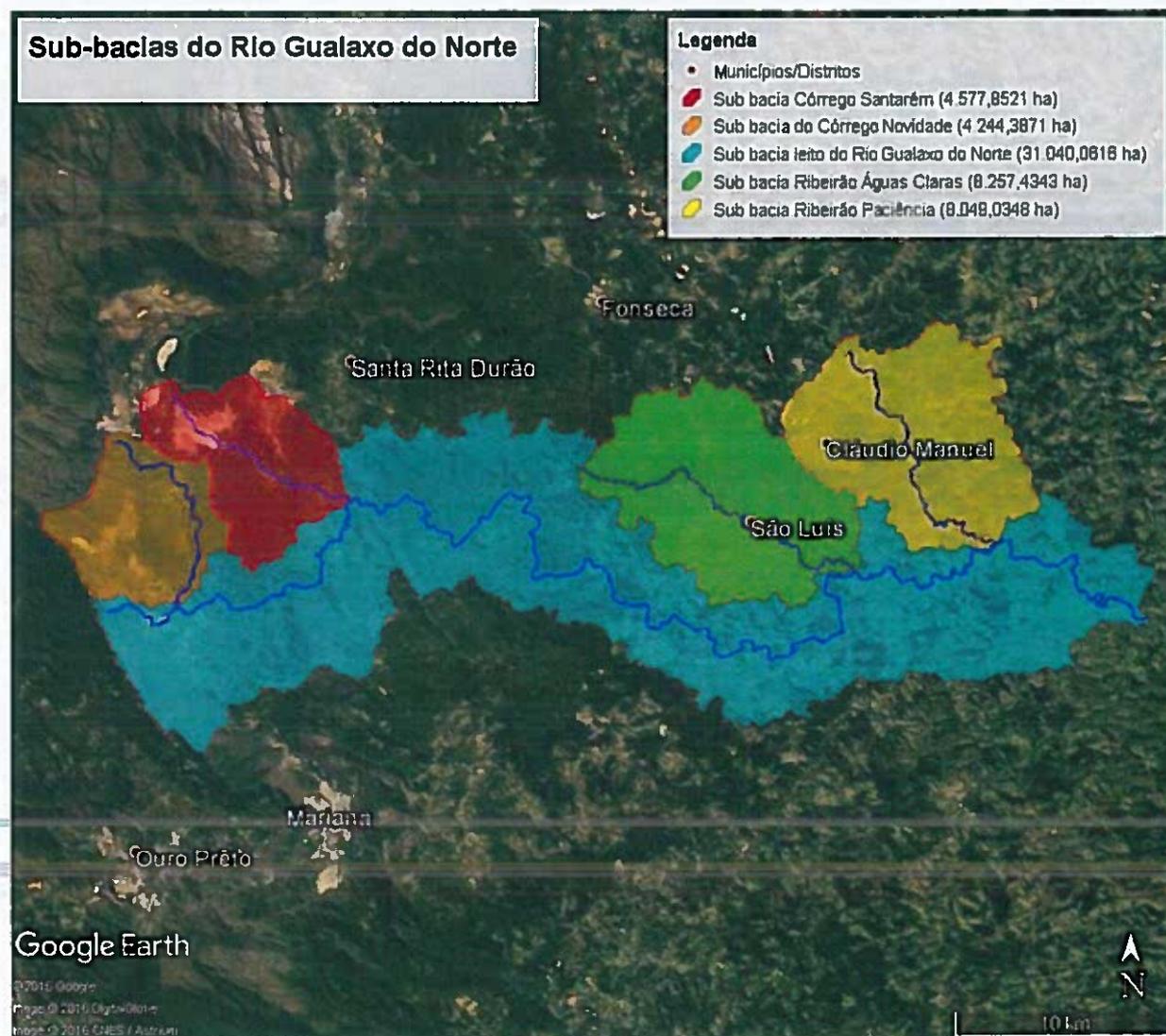


Figura 31 – Mapa das sub-bacias do Rio Gualaxo do Norte (Fonte: Imagem Google Earth, 2016)

Os quadros 3 e 4 resumem algumas informações referentes às sub-bacias do rio Gualaxo do Norte, que permitem análise das condições ambientais e dos impactos referentes às atividades econômicas realizadas no âmbito da bacia.

Sub-Bacias do Rio Gualaxo do Norte	INFORMAÇÕES DAS SUB-BACIAS									
	Área (ha)	Q _{7,10} (m³/s)	Q _{med} (m³/s)	Vazão Outorgada (m³/s)	Vegetação em Áreas de Recarga (ha)	Área de Recarga (ha)	Vegetação Nativa (ha)	Vegetação Nativa em APP (ha)	Área de APP (ha)	Nº de Nascentes
Sub-Bacia Córrego Novidade	4.244,39	0,35334	1,00616	0,11580	243,94	2.787,29	1.989,02	255,85	587,66	79
Sub-Bacia Córrego Santarém	4.577,85	0,37667	1,07696	0,00000	501,01	2.355,69	2.688,24	400,09	756,42	126
Sub-Bacia Ribeirão Águas Claras	8.257,43	0,61658	1,81875	0,00000	1.004,38	3.715,28	3.646,67	771,39	1520,21	299
Sub-Bacia Ribeirão Paciência	8.049,03	0,60096	1,76982	0,00245	1.480,03	4.286,74	2.897,86	542,83	1312,47	252
Sub-Bacia Calha do Gualaxo	31.040,06	3,28522	10,77342	0,03880	3.653,58	15.874,10	17.241,50	2772,65	4855,36	746
Totais	56.168,77			0,16	6.882,94	29.019,10	28.463,29	4.742,81	9.032,13	1.502

Quadro 3 – Informações Referentes às Sub-bacias e à Calha Principal do Rio Gualaxo do Norte

Sub-Bacias do Rio Gualaxo do Norte	ÍNDICES			
	Índice de Antropização de APP I_{app} (%)	Índice de Vegetação Nativa em Áreas de Recarga I_{nat} (%)	Índice de Concentração de Nascentes I_{nas} (Nº nasc/ha)	Índice de Comprometimento da Disponibilidade Hídrica I_{cath} (%)
Sub-Bacia Córrego Novidade	56,46	8,75	1,45	82,77
Sub-Bacia Córrego Santarém	47,11	21,27	2,15	50,00
Sub-Bacia Ribeirão Águas Claras	49,26	27,03	2,82	50,00
Sub-Bacia Ribeirão Paciência	58,64	34,53	2,44	50,41
Sub-Bacia Caiha do Gualaxo	42,90	23,02	1,87	51,18
Totais	47,49	23,72	2,09	53,19

Quadro 4 – Índices Calculados em Função das Informações das Sub-bacias

Analisando os índices calculados nos quadros 3 e 4, pode-se comentar o seguinte:

Índice de Antropização de APP – Iapp

Índice de Vegetação Nativa em Áreas de Recarga Hídrica – Inat

Índice de Comprometimento da Disponibilidade Hídrica – Icdh

Índice de Concentração de Nascentes – Inas

Índice de antropização da bacia – Iant

Sub-Bacias do Rio Gualaxo do Norte	PROTEÇÃO DE MATA CILIAR		
	Área de mata ciliar a ser protegida (ha)	Custo de 0,33 km de Cerca para Proteção (R\$)	Valor Total(R\$)
Sub-Bacia Córrego Novidade	537,71	3.011,00	1.619.044,81
Sub-Bacia Córrego Santarém	594,54	3.011,00	1.790.159,94
Sub-Bacia Ribeirão Águas Claras	1.069,50	3.011,00	3.220.264,50
Sub-Bacia Ribeirão Paciência	848,07	3.011,00	2.553.538,77
Sub-Bacia Calha do Gualaxo	3.623,97	3.011,00	10.911.773,67
Totais	6.673,79		20.094.781,69

Sub-Bacias do Rio Gualaxo do Norte	PROTEÇÃO DE NASCENTES		
	Nascentes a Serem Protegidas (Nº)	Custo de 0,4 km de Cerca para Proteção (R\$)	Valor Total(R\$)
Sub-Bacia Córrego Novidade	79	3.649,90	288.342,10
Sub-Bacia Córrego Santarém	126	3.649,90	459.887,40
Sub-Bacia Ribeirão Águas Claras	299	3.649,90	1.091.320,10
Sub-Bacia Ribeirão Paciência	252	3.649,90	919.774,80
Sub-Bacia Calha do Gualaxo	746	3.649,90	2.722.825,40
Totais	1502		5.482.149,80

Sub-Bacias do Rio Gualaxo do Norte	RECUPERAÇÃO DE ESTRADAS		
	Estrada em Área Susceptível à Degradação (km)	Custo por km para Recuperação (R\$/ha)	Valor Total (R\$)
Sub-Bacia Córrego Novidade	26,36	24.186,00	637.436,54
Sub-Bacia Córrego Santarém	27,75	24.186,00	671.057,50
Sub-Bacia Ribeirão Águas Claras	197,66	24.186,00	4.780.628,95
Sub-Bacia Ribeirão Paciência	121,85	24.186,00	2.947.088,29
Sub-Bacia Calha do Gualaxo	421,86	24.186,00	10.203.130,15
Totais	795,47		19.239.341,42

Sub-Bacias do Rio Gualaxo do Norte	RECUPERAÇÃO DE ESTRADAS		
	Estrada em Área Susceptível à Degradação (km)	Custo de por km para Recuperação (R\$/ha)	Valor Total (R\$)
Sub-Bacia Córrego Novidade	26,36	24.186,00	637.436,54
Sub-Bacia Córrego Santarém	27,75	24.186,00	671.057,50
Sub-Bacia Ribeirão Águas Claras	197,66	24.186,00	4.780.628,95
Sub-Bacia Ribeirão Paciência	121,85	24.186,00	2.947.088,29
Sub-Bacia Calha do Gualaxo	421,86	24.186,00	10.203.130,15
Totais	795,47		19.239.341,42

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

9. BIBLIOGRAFIA SUGERIDA

FERNANDES, M.R. – Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas –Fundamentos e Aplicações. Belo Horizonte.2010.

MOURA, A. C. M. 2007. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em análise multicritério. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, INPE, p.2899-2906.

SANTOS, A. A. 2010. Geoprocessamento aplicado à identificação de áreas de fragilidade ambiental no parque estadual da Serra do Rola Moça. Monografia (Especialização em Geoprocessamento). Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Disponível em: <<http://www.csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/AMANDA.pdf>>. Acesso em: 09/01/2015.

SPAROVEK Gerd *et al.* A Revisão do Código Florestal Brasileiro. Novo Estudos, CEBRAP, março 2011, pp 111-135.

UFV, Universidade federal de Viçosa & IGAM, Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Estudo de regionalização de vazão para o aprimoramento do processo de outorga no Estado de Minas Gerais. 2012.

10. ANEXO

Glossário

Área de drenagem é a área plana (projeção horizontal) inclusa entre os seus divisores topográficos.

Vazão de Referência (Q710) é a vazão mínima de 7 dias consecutivos, com período de recorrência de 10 anos. Este valor é adotado como referência para concessão das outorgas e também para definição da situação hídrica no Estado de Minas Gerais.

Vazão Média de Longo Período (Qmlp) permite caracterizar a maior vazão possível de ser regularizada em uma bacia, possibilitando a avaliação dos limites superiores (abstraindo as perdas) da disponibilidade de água de um manancial. É definida como a média das vazões anuais para toda série de dados.

Capacidade de Regularização Natural: a relação entre a disponibilidade hídrica máxima representada pela vazão média e a vazão mínima de estiagem é um indicador da necessidade de regularização natural de um curso de água. Este indicador, denominado nesse estudo, como índice de vazão mínima de sete dias de duração e período de retorno de 10 anos ($r_{7,10} = Q_{7,10} / Q_{mlp}$), depende da capacidade de regularização natural do curso d'água, ou seja, quanto menor este índice maior a variação de vazão durante os períodos de estiagens, com baixa capacidade de regularização natural.

- 1). Baixa capacidade de regularização: índice de $r_{7,10} < 10\%$
- 2). Média capacidade de regularização: índice de $r_{7,10}$ de 11 a 30%
- 3). Alta capacidade de regularização: índice de $r_{7,10}$ de 31 a 40%
- 4). Muito alta capacidade de regularização: índice de $r_{7,10}$ de 41 a 70%

Disponibilidade (Vazão Max. Outorgável 50% Q710) é o limite de referência que o Estado

de Minas Gerais adota para conceder as outorgas. No caso da bacia hidrográfica do Rio Gualaxo do Norte, a disponibilidade é de 50%.

Demanda é a vazão total outorgada para a sub-bacia hidrográfica.

Relação Demanda Disponibilidade é a vazão total outorgada, ou seja, 50% da Q710 disponível na sub-bacia.