



**Análise Multicritérios na Identificação de Classificação de
Importância Hídrica no Quadrilátero Ferrífero – MG**
Multicriteria Analysis in the Identification of Classification of Water
Importance in the Quadrilátero Ferrífero – MG

Lourdes Manresa Camargos; Ana Clara Mourão Moura & Christian Rezende

*Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Programa de Pós-graduação
em Geografia, Av Antônio Carlos 6627, 31270-901. Belo Horizonte, MG, Brasil*
E-mails: loucamargos@gmail.com; anaclara@ufmg.br; christianrezende@alomeioambiente.com.br
Recebido em: 06/03/2020 Aprovado em: 10/07/2020
DOI: http://doi.org/10.11137/2020_3_23_34

Resumo

O presente artigo teve como objetivo apresentar um ranking classificatório da importância hídrica na área correspondente ao Quadrilátero Ferrífero, em Minas Gerais. Para isso, foi utilizada a metodologia de Análise Multicritérios, sendo combinadas duas variáveis: Densidade de Drenagem e Potencial de Recarga (segundo condições geológicas e geomorfológicas). Como resultado, observou-se que manchas classificadas como “de alta importância hídrica” coincidem com áreas de Unidade de Conservação já consolidadas, a exemplo do Parque Nacional da Serra do Gandarela. Em uma análise complementar, notou-se também a presença de barragens com alto risco de rompimento em regiões definidas como alta importância hídrica. A partir destas análises, reforça-se a importância de medidas mais restritivas para a mineração no Quadrilátero Ferrífero e a importância de manutenção das Unidades de Conservação, que são fundamentais para a proteção das águas e outros recursos naturais. Por último, entende-se a Análise Multicritérios como importante ferramenta de tomada de decisão, capaz de avaliar diferentes variáveis a fim de se obter combinações de variáveis e classificação de graus de pertinência de interesse de investigação, de acordo com o objetivo a ser demandado. O estudo desenvolvido é defensável e reproduzível em outras áreas do Brasil e atende aos interesses de identificação de paisagens notáveis do ponto de vista hídrico, com possibilidades de ser integrado a outros estudos sobre valores da paisagem e compor unidades territoriais de planejamento e gestão estratégicas.

Palavras-chave: *Quadrilátero Ferrífero; Importância Hídrica; Análise Multicritérios*

Abstract

This article had the main objective to identify a water importance ranking corresponding in the Quadrilátero Ferrífero area, in Minas Gerais. For this, the methodology of multicriteria analysis was used and two variables were combined: drainage density and recharge potential (according to geological and geomorphological conditions). As a result, patches classified as “high water importance” coincide with areas of consolidated conservation, like the Serra do Gandarela National Park. Also, in a complementary analysis was noted the presence of dams with a high rupture risk in regions tagged as high hydric importance. These analysis, reinforces the importance of more severe restrictions to mining at the Quadrilátero Ferrífero’s area and the maintenance of protected areas, which are fundamental for the protection of waters and other natural resources. At last, the Multicriteria Analysis is understood as an important tool for taking decisions, being able to evaluate different variables to obtain interest rankings, in agreement with the demanded objectives. The developed study is justified and replicable in other Brazilian areas and concern to the interests of identification of notable hydric landscapes, possibility of being integrated in other studies about landscape values and creating territorial unities for planning and strategical management.

Keywords: *Quadrilátero Ferrífero; Water Importance; Multicriteria Analysis*



1 Introdução

O Quadrilátero Ferrífero (Figura 1) encontra-se na porção centro-sudeste de Minas Gerais e ocupa uma área de cerca de 18.000 km². A área abriga 52 municípios, dentre eles a capital, Belo Horizonte. A região possui grande importância ambiental, mineral e geológica do estado de Minas Gerais, tendo como referência paisagística a Serra do Gandarela, Serra da Piedade, Serra do Curral, Serra Rola Moça, Serra da Moeda, Serra do Ouro Branco e Serra do Caraça.

O limite do Quadrilátero Ferrífero utilizado no presente trabalho corresponde às divisas dos municípios que estão no corpo ferrífero e foi definido durante estudos do Laboratório de Geoprocessamento da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Esta delimitação foi feita porque o Quadrilátero Ferrífero em si é apenas a delimitação do corpo ferrífero, mas para fins de planejamento territorial decidiu-se por realizar o recorte incluindo os municípios.

Optou-se por considerar a paisagem do Quadrilátero Ferrífero como objeto de análise, devido a sua complexidade paisagística e sua riqueza em recursos naturais, principalmente seus recursos hídricos. A área é considerada

prioritária para conservação da biodiversidade de Minas Gerais, sendo classificada como “Área de Importância Biológica Especial” (Fundação Biodiversitas, 2005). As florestas e os campos dessa região são de extrema relevância para a manutenção da flora e fauna silvestres, sobretudo das espécies endêmicas, raras e ameaçadas de extinção.

Além disso, é importante ressaltar a fundamental importância das áreas de recarga hídrica dos topos de morro do Quadrilátero com vistas ao abastecimento público de água de Belo Horizonte e de outros municípios da Região Metropolitana. Por essa razão, alguns de seus territórios foram transformados em Unidades de Conservação, como, por exemplo, a Área de Proteção Ambiental (APA) Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte (Camargos *et al.*, 2019).

Atualmente, a Serra do Gandarela é um dos últimos remanescentes físicos e naturais em bom estado de conservação presente no Quadrilátero Ferrífero. A região é de grande importância devido à existência de campos de recarga de aquíferos, sua morfologia heterogênea, flora com espécies de Campos, Cerrado e Mata Atlântica, remanescentes de matas primárias, além da existência de patrimônios geológicos (Fonseca, 2014).

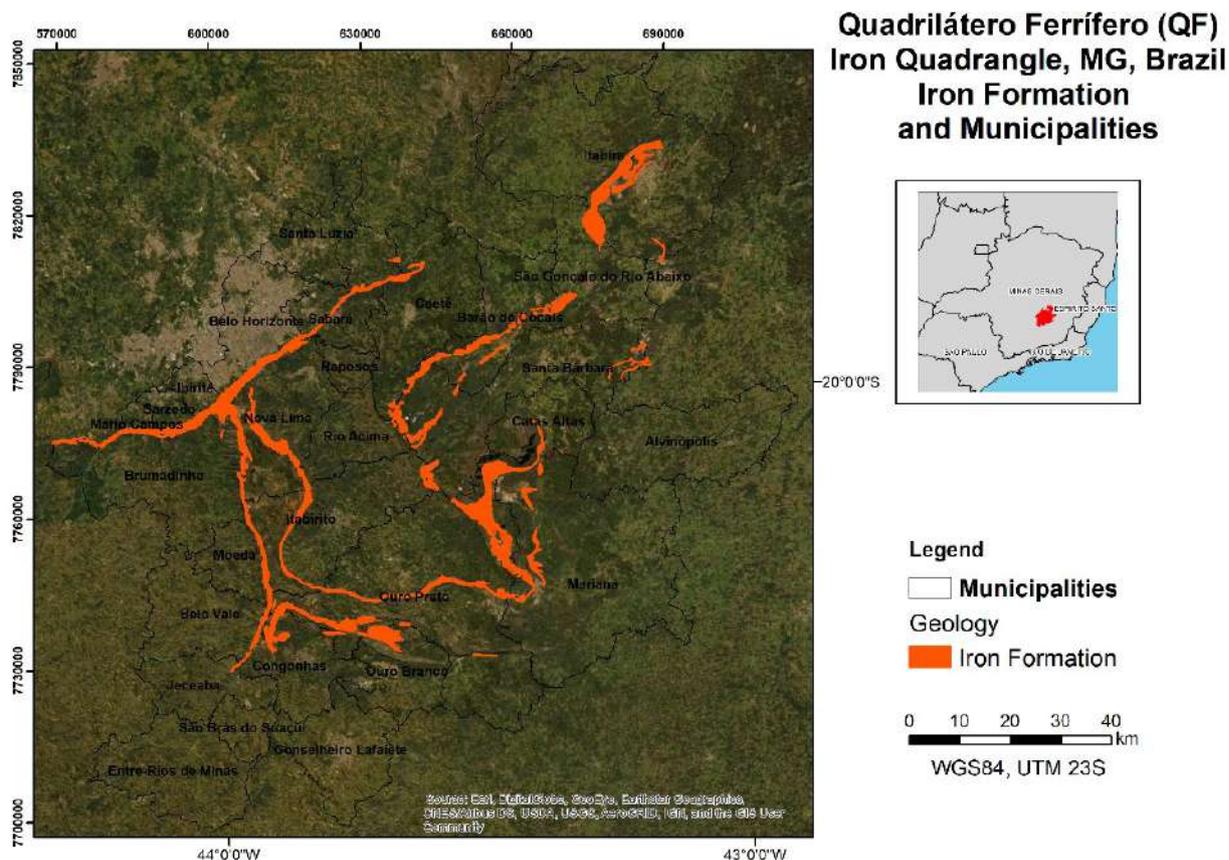


Figura 1 Localização do Quadrilátero Ferrífero.

Por ser uma região de extrema importância ambiental e, ao mesmo tempo, altamente disputada por mineradoras, busca-se com este trabalho identificar um ranking classificatório no território do Quadrilátero Ferrífero segundo a importância hídrica. Neste artigo, foi levado em consideração as variáveis de potencial de recarga e de densidade de drenagem, como descrito nos próximos itens.

2 Metodologia e Desenvolvimento

A ideia de multicritério começou com a abordagem sistêmica das pesquisas de Bertalanffy (1968), que propuseram estudos interdisciplinares segundo a teoria geral dos sistemas. Em suas investigações, a realidade é vista como um sistema de variáveis justapostas interdependentes, de forma que qualquer alteração das variáveis resulta em alterações de todo o conjunto.

A Análise de Multicritérios é um método que tem como principal função utilizar mapas temáticos para integrar variáveis espaciais com o intuito de definir locais adequados para as alocações de recursos ou atividades humanas. Trata-se de um modelo que promove a simplificação da complexidade espacial, através da organização das principais variáveis em camadas de informações. As camadas são representadas com um valor numérico de acordo com o grau de importância sobre o seu significado para o objetivo da investigação e em seguida é realizada a integração e combinação das variáveis e camadas de acordo com a motivação pretendida para o território (Moura, 2007).

Pode-se dizer que a Análise de Multicritérios utiliza álgebra de mapas em seus processos, pois ocorre a seleção das principais variáveis de análise, seguido de suas representações em forma numérica e integração através de diferentes operações. Ela é uma metodologia que pode ser muito facilitada pelo uso de geoprocessamento, uma vez que a modelagem cartográfica auxilia em todos os processos da análise, favorecendo as sínteses das sobreposições de camadas obtidas pelas distintas variáveis (Moura, 2007).

Rico (2013) utiliza a Análise de Multicritérios como uma metodologia de auxílio à decisão para priorização de intervenções nos cursos d'água Torrentes Bolonia e Yomasa, em Bogotá, Colômbia. A metodologia do trabalho foi baseada em uma avaliação que considera os impactos sofridos pelos cursos d'água e a pressão por ocupação antrópica que sofreram os trechos. Fundamentou-se na avaliação qualitativa com base em indicadores que integram aspectos sanitários, risco de inundação, ambientais, hidrológicos, sedimentológicos e sociais.

Tckach & Simonovic (1997) aplicam a Análise de Multicritérios associada à tecnologia de Sistemas de Informação Geográfica (GIS) para avaliar alternativas potenciais de proteção contra inundações na região do Red River Valley, no Canadá. Os autores afirmam que a

análise de recursos hídricos requer o uso de distribuição espacial da informação, para que a melhor alternativa seja escolhida de acordo com cada região.

No presente estudo de caso, para classificar o Quadrilátero Ferrífero de acordo com o nível de importância hídrica, foram combinadas duas principais variáveis: Densidade de Drenagem e Potencial de Recarga. A densidade de drenagem é reconhecida como um dos mais importantes parâmetros da análise morfométrica de bacias hidrográficas e, segundo Horton (1945), são fatores que determinam a densidade de drenagem: regime de chuvas, relevo, capacidade de infiltração do solo e a resistência inicial do terreno à erosão.

Os dados de Densidade de Drenagem foram obtidos a partir do cálculo da rede de drenagem (Figura 2) pela ferramenta Hydrology, seguido da análise de concentração espacial de elementos através de estimativa de densidade Kernel, ambos pelo software Arcgis 10.7. Assim, obteve-se uma classificação quanto à densidade de drenagem (baixa, média ou alta) que indica as áreas mais capilarizadas quanto à presença de corpos hídricos (Figura 3).

O potencial de recarga refere-se, como o próprio nome diz, à potencialidade do terreno em recarregar aquíferos através da infiltração de água no solo. Trata-se de um dado importante, pois a recarga de aquíferos auxilia na manutenção do equilíbrio do ciclo hidrológico, na proteção hídrica e na manutenção da disponibilidade de água. Os dados de Potencial de Recarga foram obtidos a partir de uma Análise Multicritérios por Pesos de Evidência, combinando-se dados de declividade, potencialidade de contaminação do aquíferos e uso e cobertura do solo, cujo resultado é uma classificação quanto à potencialidade de recarga, variando entre baixa, média ou alta.

O dado de declividade foi construído a partir da imagem da Missão Topográfica Shuttle Radar (SRTM) 30m, obtida pelo site Earth Explorer. A imagem SRTM é um DEM (Digital Elevation Modeling) que apresenta, em cada pixel, o valor de altimetria. Ao se trabalhar com a imagem é possível interpolar curvas de nível, gerar o Modelo Digital de Terreno em TIN (Triangular Irregular Network) e, a partir dele, aplicar o cálculo de declividades em percentuais ou em graus. O DEM da SRTM e o mapa de declividades podem ser visualizados na Figura 4 e 5.

O mapa de porosidade (Figura 6) foi obtido através de dados do trabalho de Parizzi (2010), a partir do mapa de unidades geológicas. Por último, o mapa de Cobertura do Solo (Figura 7) foi obtido por classificação supervisionada de imagem Sentinel, também obtida no site Earth Explorer.

A partir destes mapas preliminares foi feita uma classificação por pesos de evidência. Para isso, foram atribuídas notas a cada componente de legenda ou classe de declividade, porosidade e cobertura do solo, como pode ser observado na Tabela 1. Para as classes com características

Análise Multicritérios na Identificação de Classificação de Importância Hídrica no Quadrilátero Ferrífero – MG
Lourdes Manresa Camargos; Ana Clara Mourão Moura & Christian Rezende

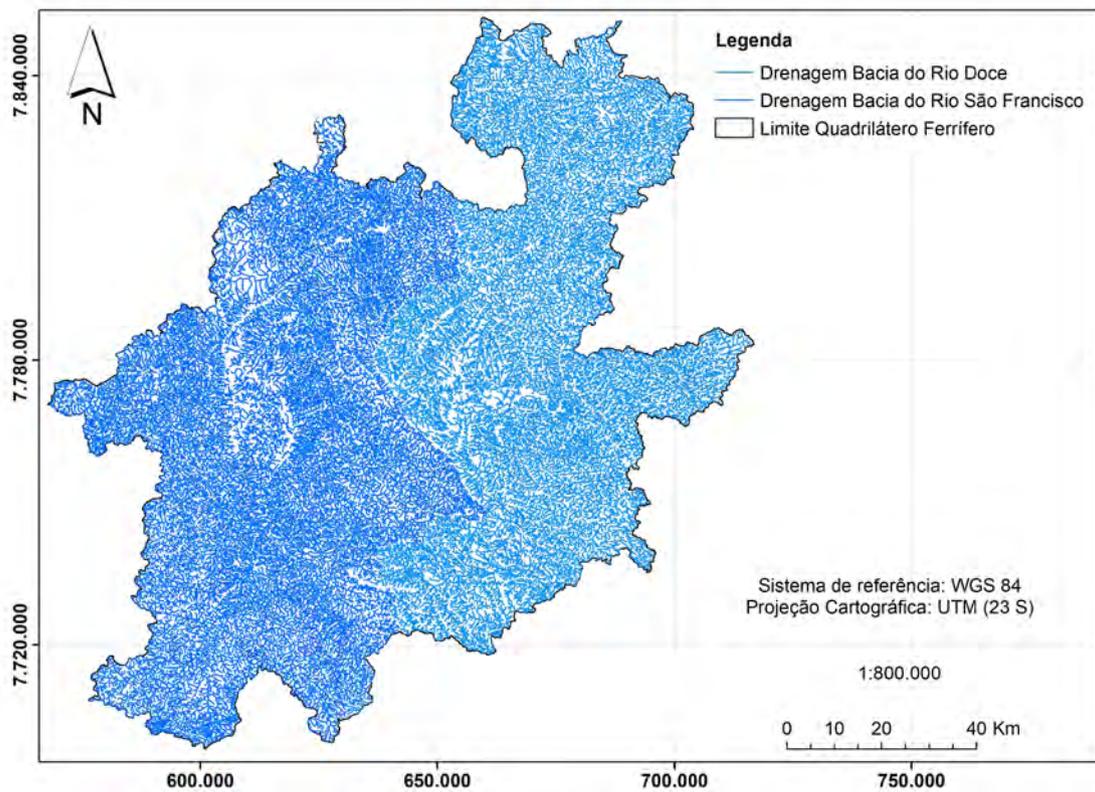


Figura 2 Drenagem do Quadrilátero Ferrífero.

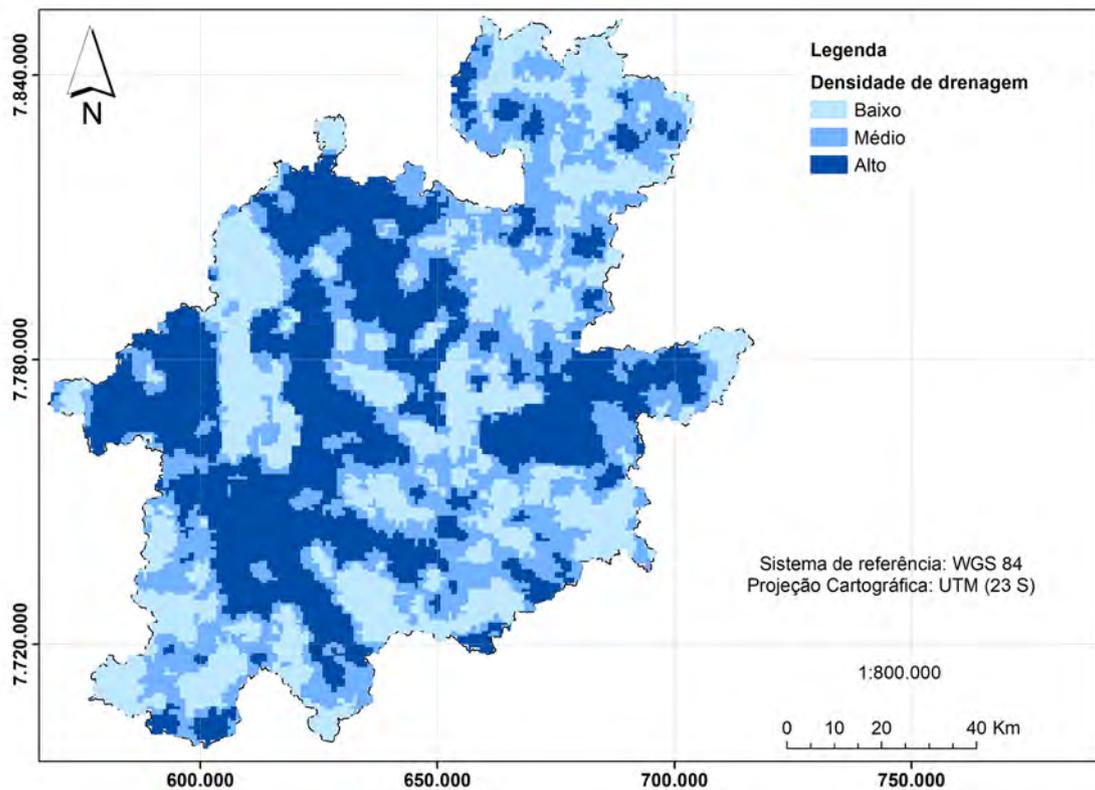


Figura 3 Densidade de Drenagem do Quadrilátero Ferrífero.

Análise Multicritérios na Identificação de Classificação de Importância Hídrica no Quadrilátero Ferrífero – MG
Lourdes Manresa Camargos; Ana Clara Mourão Moura & Christian Rezende

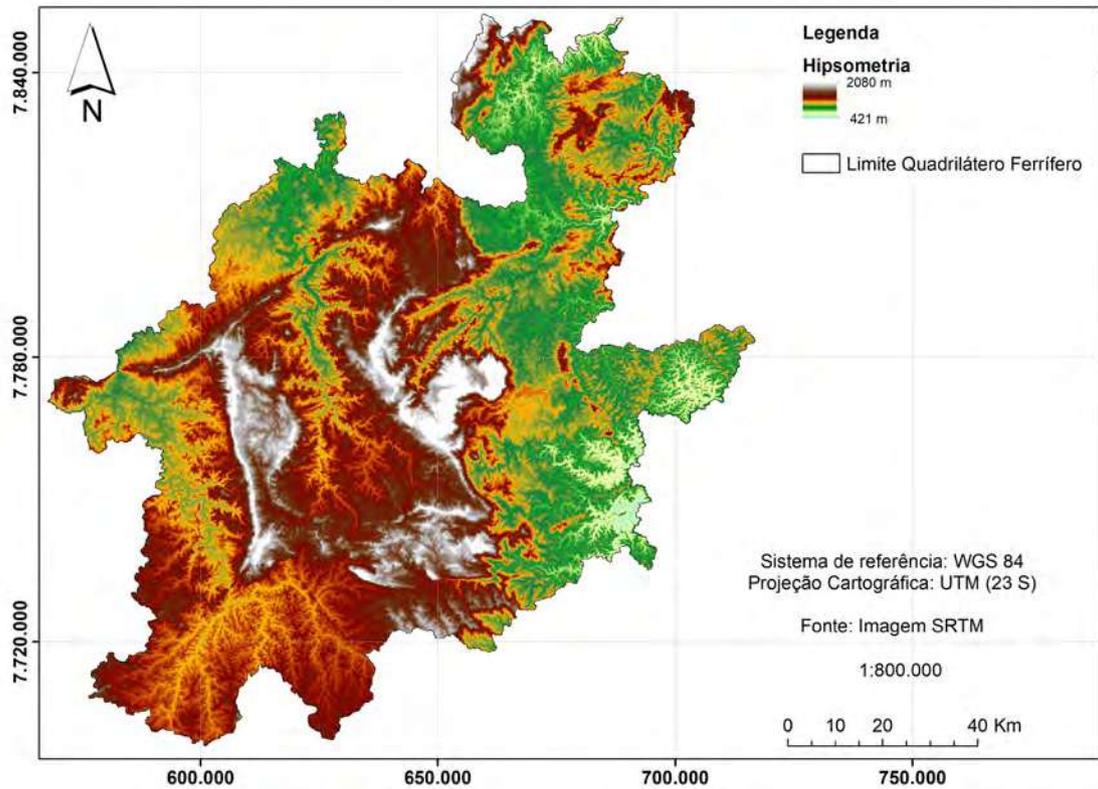


Figura 4 Imagem SRTM 30m do Quadrilátero Ferrífero.

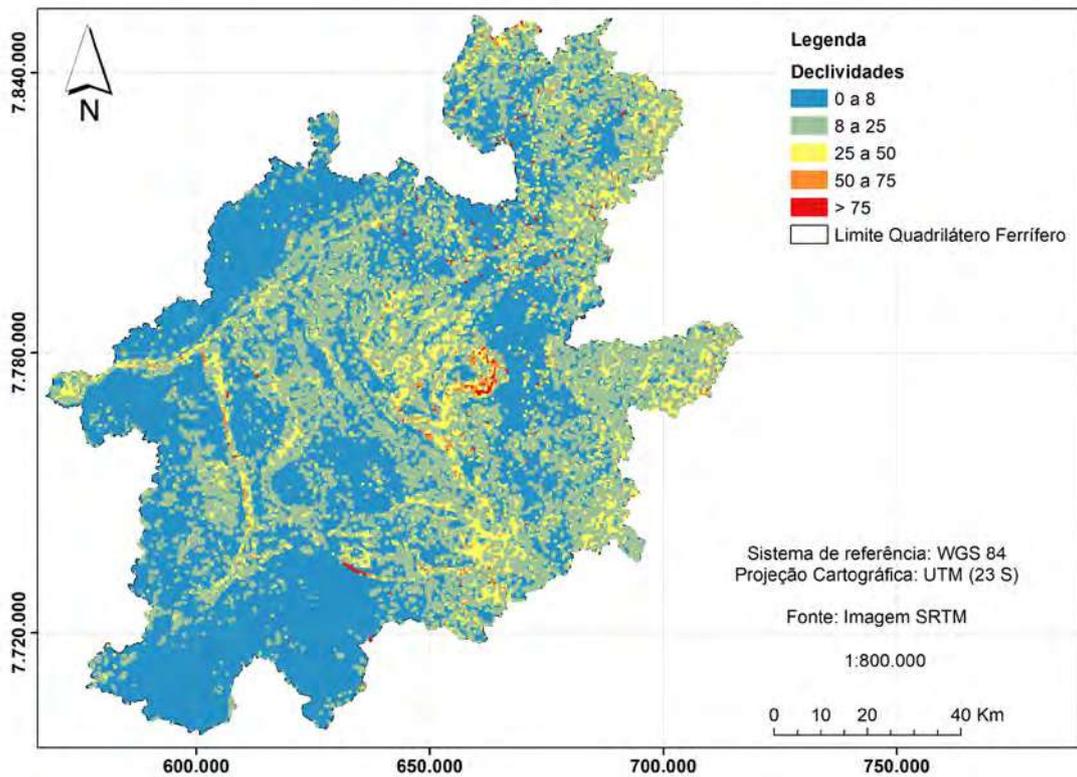


Figura 5 Declividade (%) do Quadrilátero Ferrífero.

Análise Multicritérios na Identificação de Classificação de Importância Hídrica no Quadrilátero Ferrífero – MG
Lourdes Manresa Camargos; Ana Clara Mourão Moura & Christian Rezende

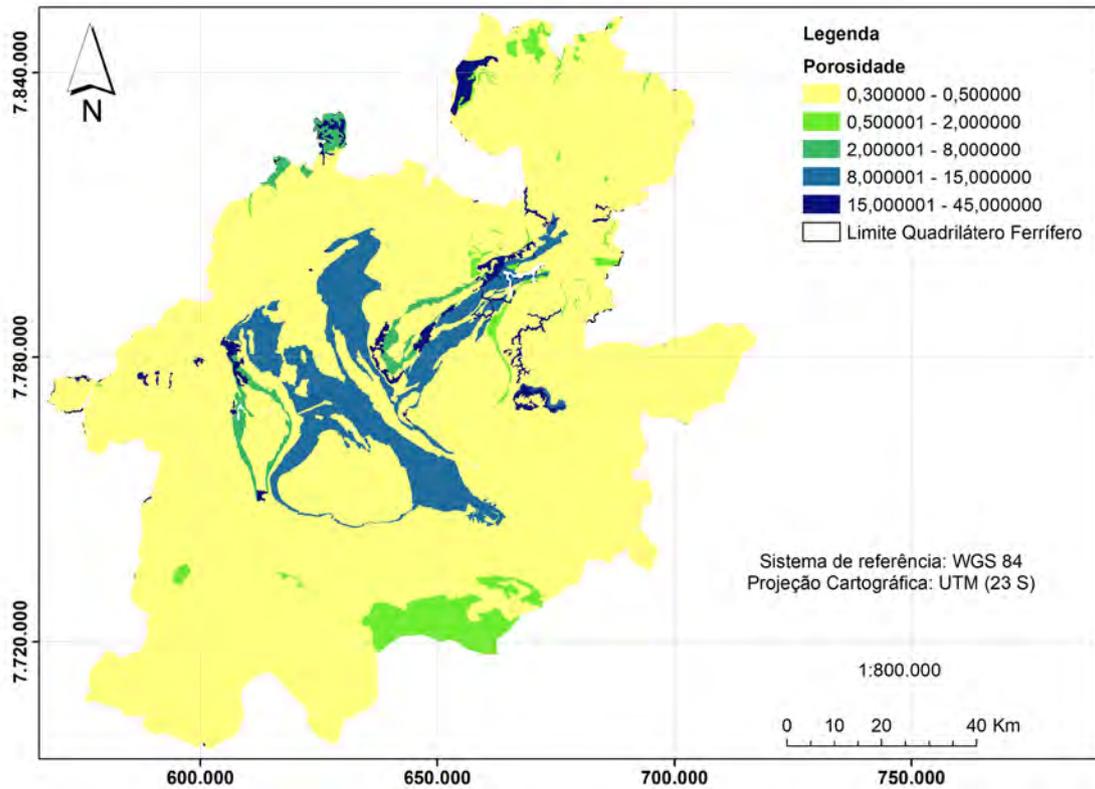


Figura 6 Porosidade do solo do Quadrilátero Ferrífero.

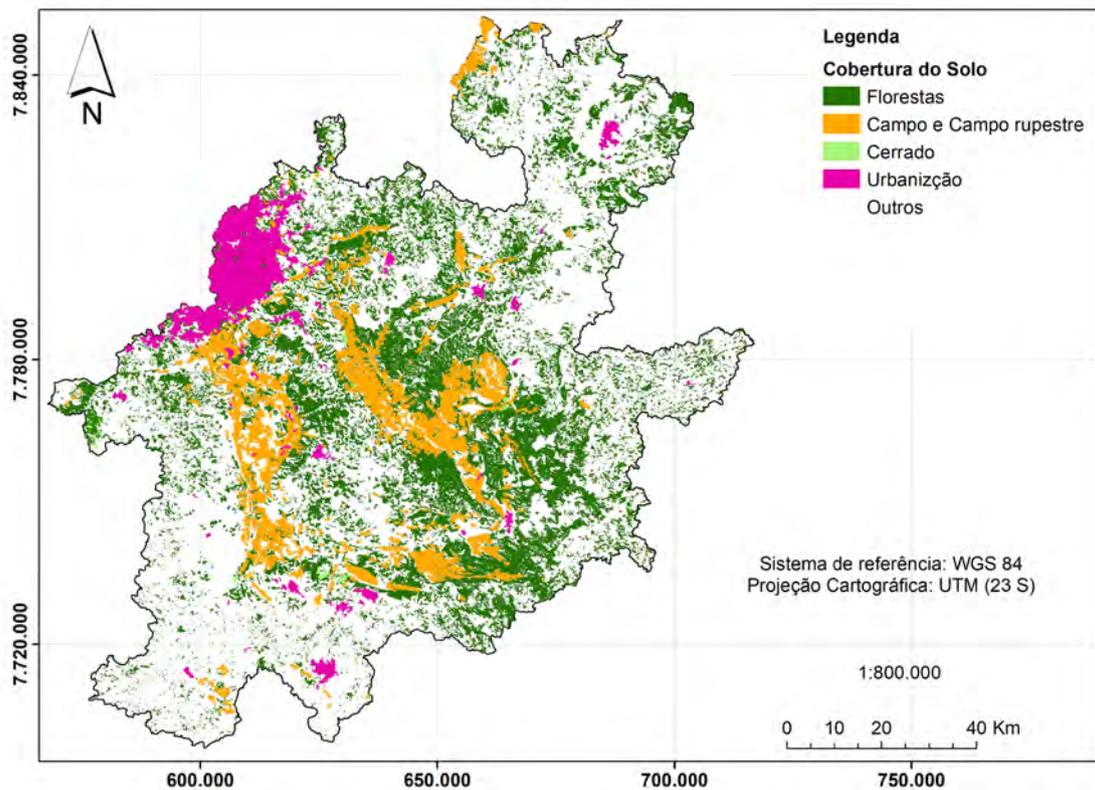


Figura 7 Uso e Ocupação do Solo do Quadrilátero Ferrífero.

mais propensas à recarga hídrica foi atribuída nota 5, e para as com características menos propensas à recarga hídrica foi atribuída nota 1. Como por exemplo, para a cobertura do solo em florestas, que possuem maior permeabilidade, foi atribuída nota 5, enquanto nas áreas urbanizadas, com alta taxa de impermeabilização do solo, foi atribuída nota 1. Da mesma forma, áreas com baixa declividade, que possuem mais propensão à infiltração da água, foi atribuída nota 5, enquanto em áreas com alta declividade, que possuem alto escoamento da água, foi atribuída nota 1. Por último, áreas com maior condição de porosidade em função da geologia, por possuírem alta capacidade de armazenarem fluidos, receberam maiores valores em função da alta probabilidade de serem áreas de recarga hídrica.

Além da nota por componente de legenda, que significa o grau de pertinência de cada classe por variável, foi necessário indicar o peso relativo de cada variável na combinação de todas (Tabela 1). Os pesos podem ser definidos através de processos de escuta ou de tomada de opiniões, em procedimentos conhecidos como data-driven ou por knowledge-driven (Moura, 2007). Neste artigo, os pesos foram arbitrados pelos componentes da equipe de estudos que têm conhecimento especialista sobre a área, sem o impedimento de ajustes futuros por calibração no caso de novas reflexões. Assim, foi feita uma álgebra de mapas em que cada um apresentava um peso de importância diferente, optando-se por considerar a declividade com peso 30%, a porosidade com peso 50% e o uso e cobertura do solo com peso 20%.

| Uso e Cobertura do solo Peso 20 | Declividade (%) Peso 30 | Porosidade Peso 50 | Nota |
|------------------------------------|----------------------------|-----------------------|------|
| Florestas | a 8 | >15 | 5 |
| Cerrado | 8 a 25 | 8 a 15 | 4 |
| Campo e campo rupestre | 25 a 50 | 2 a 8 | 3 |
| Outros | 50 a 75 | 0,5 a 2 | 2 |
| Urbanização | >75 | 0,3 a 0,5 | 1 |

Tabela 1 Sistema de Pesos e Notas para Análise Combinatória

Na Figura 8 pode-se observar o resultado obtido para cálculo do potencial de recarga do Quadrilátero Ferrífero.

Na Análise de Multicritérios, a etapa de integração de variáveis pode ocorrer principalmente pelos métodos de Análise Combinatória e de Pesos de Evidência. No método de Análise de Multicritérios por Pesos de Evidência, as variáveis são combinadas simultaneamente e cada variável recebe um peso de importância, fornecendo como resultado final um ranking classificatório (Moura & Jankowski, 2016). Este método foi utilizado na etapa anterior, para definir o potencial de recarga do Quadrilátero Ferrífero combinando-se diferentes variáveis.

A Análise de Multicritérios por Análise Combinatória é um método no qual os julgamentos das variáveis de interesse são feitos par-a-par, gerando resultados parciais. Dessa forma, há um controle do significado da presença de cada variável e um controle do impacto da combinação de variáveis nos resultados parciais da análise. A análise ocorre de forma gradual à medida que o pesquisador vai propondo novas inserções de variáveis e a combinação com a última variável gera o resultado final da análise (Rocha *et al.*, 2018).

Neste método, o julgamento é qualitativo e seletivo, pois caso haja uma variável muito relevante, é possível que esta seja mantida, sem redução de importância e se

sobrepondo às demais, ao longo da análise. Sendo assim, a variável importante se mantém como prioridade até o final da composição, cabendo ao usuário julgar o seu significado nos resultados parciais e finais do processo.

Para que seja feita a relação entre os dados de densidade de drenagem e potencial de recarga é indicado a Análise Combinatória que identifica as possíveis combinações de relações entre as partes, a partir das quais se toma decisões sobre quais são de interesse específico do estudo. Para possibilitar que as duas camadas sejam cruzadas e se individualizem todas as relações entre as partes existentes, se aplica uma álgebra de mapas com um preparo para o reconhecimento das combinações. Para isso as classes de densidade de drenagem e de potencial de recarga (baixa, média e alta) foram reclassificadas em valores de forma que aplicada uma álgebra de mapas de soma das camadas os elementos da coluna de “potencial de recarga” e de “densidade” se relacionassem sem que acontecessem repetição de valores.

Na linha referente ao “Potencial de recarga”, são atribuídos valores pares iniciados por zero (0, 2 e 4). Na coluna referente à “Densidade” é atribuído inicialmente o valor zero, e faz-se a soma de valores das linhas e colunas seguida da divisão por dois para se preencher a primeira linha em cinza (Figura 9).

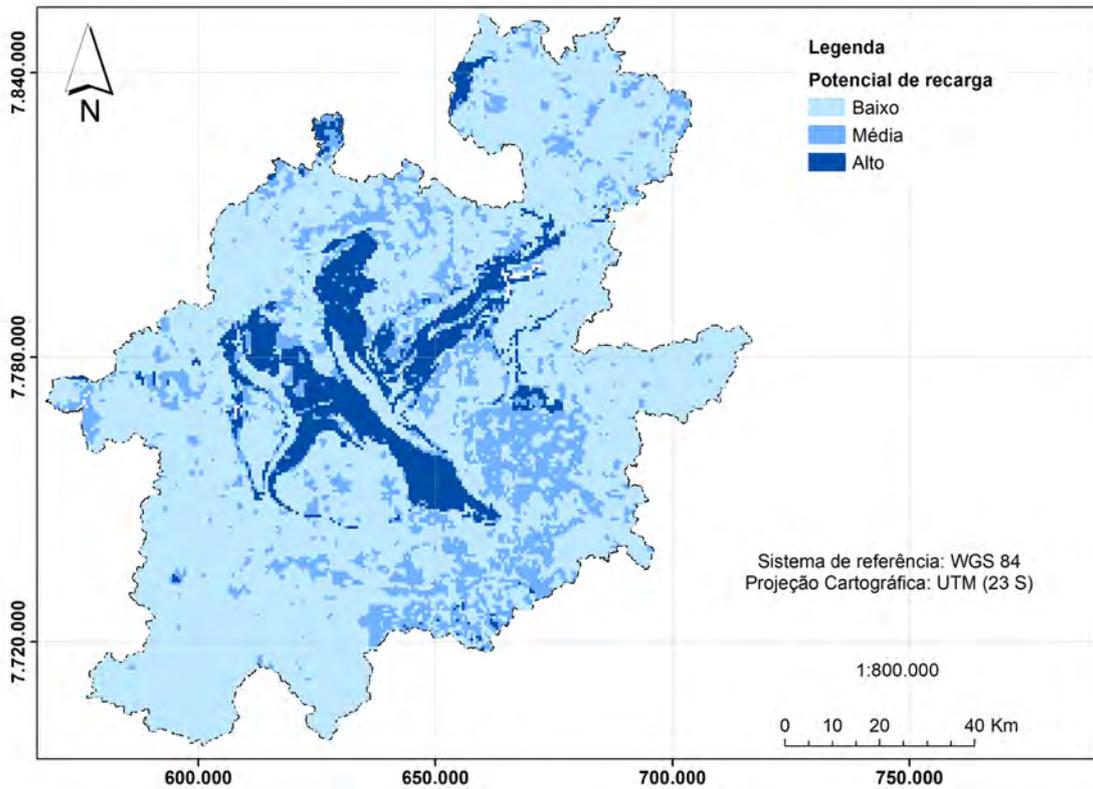


Figura 8 Potencial de Recarga do QF.

| | | Potencial de Recarga | | | |
|-----------|-------|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| | | Baixo | Médio | Alto | |
| | | 0 | 2 | 4 | |
| Densidade | Baixa | 0 | 0 + 0 / 2 | 0 + 2 / 2 | 0 + 4 / 2 |
| | Média | | | | |
| | Alta | | | | |

| | | Potencial de Recarga | | | |
|-----------|-------|----------------------|-----------------|------|---|
| | | Baixo | Médio | Alto | |
| | | 0 | 2 | 4 | |
| Densidade | Baixa | 0 | 0 | 1 | 2 |
| | Média | | $x + 0 / 2 = 3$ | 4 | 5 |
| | Alta | | $x + 0 / 2 = 6$ | 7 | 8 |

| | | Potencial de Recarga | | | |
|-----------|-------|----------------------|-------|------|---|
| | | Baixo | Médio | Alto | |
| | | 0 | 2 | 4 | |
| Densidade | Baixa | 0 | 0 | 1 | 2 |
| | Média | 6 | 3 | 4 | 5 |
| | Alta | 12 | 6 | 7 | 8 |

| | | Potencial de Recarga | | | |
|-----------|-------|----------------------|-------|------|---|
| | | Baixo | Médio | Alto | |
| | | 0 | 2 | 4 | |
| Densidade | Baixa | 0 | 0 | 1 | 2 |
| | Média | 6 | 3 | 4 | 5 |
| | Alta | 12 | 6 | 7 | 8 |

Figura 9 Esquema lógico de Análise Combinatória.

Para se ter uma sequência contínua de valores não repetidos, o próximo valor deve ser 3. Então, para se obter o 3 como primeiro resultado da próxima linha em cinza, na coluna correspondente é necessário atribuir o valor 6 (pois 6 mais 0, dividido por 2 é igual a 3). Assim, obtém-se como resultado da combinação valores de “zero” a “n”, sequenciais e unívocos, permitindo a identificação de todas as combinações.

Mediante análise das possíveis combinações optou-se pela seguinte classificação: Baixo potencial de recarga com baixa densidade de drenagem resulta em menor importância hídrica; Médio potencial de recarga associado à média densidade de drenagem, resulta também em menor importância hídrica; Alto potencial de recarga associado à baixa densidade de drenagem, resulta em média importância hídrica; e assim por diante, como pode ser visto na Figura 10.

Como resultado da álgebra de mapas de densidade de drenagem e potencial de recarga obteve-se a seguinte classificação de importância hídrica do Quadrilátero Ferrífero (Figura 11).

3 Conclusões

O artigo teve como objetivo utilizar o método da Análise Multicritérios por Pesos de Evidência (gerando uma classificação hierarquizada, um ranking) e por

Análise Combinatória (gerando possíveis combinações que são julgadas em função dos objetivos de análise), para identificar áreas de maior importância hídrica dentro do Quadrilátero Ferrífero. Para isso, foram utilizadas duas principais variáveis: Potencial de Recarga e Densidade de Drenagem. Como resultado, obteve-se um mapa com identificação da classificação de importância hídrica, com as classes: menor importância, média importância e alta importância.

Sobrepondo-se o mapa obtido de ranking de importância hídrica com as Unidades de Conservação de Proteção Integral e de Uso Sustentável (Figura 12), pode-se perceber que uma das manchas correspondente à alta importância hídrica coincide com o Parque Nacional da Serra do Gandarela, Unidade de Conservação de Proteção Integral. Esta sobreposição do Gandarela com a alta importância hídrica aumenta e justifica a necessidade de manutenção do parque, já que este é alvo de recortes devido aos atrativos de usos antrópicos de território, entre ao quais podem ser citados interesses de urbanização, expectativas de moradores locais por usos ampliados, e de mineradoras que são atraídas pela grande reserva de minério de ferro da região.

A classe de alta importância hídrica resultante da análise combinatória coincide também com a mais importante captação de água da concessionária Copasa (Companhia de Saneamento de Minas Gerais), a captação

| | | Potencial de Recarga | | |
|-----------|-------|----------------------|-------|------|
| | | Baixo | Médio | Alto |
| | | 0 | 2 | 4 |
| Densidade | Baixa | 0 | 1 | 2 |
| | Média | 6 | 4 | 5 |
| | Alta | 12 | 7 | 8 |

| | |
|--|-------------------|
| | Menor importância |
| | Média importância |
| | Muita importância |

Figura 10 Esquema para identificação de importância hídrica - avaliação par-a-par.

Análise Multicritérios na Identificação de Classificação de Importância Hídrica no Quadrilátero Ferrífero – MG
Lourdes Manresa Camargos; Ana Clara Mourão Moura & Christian Rezende

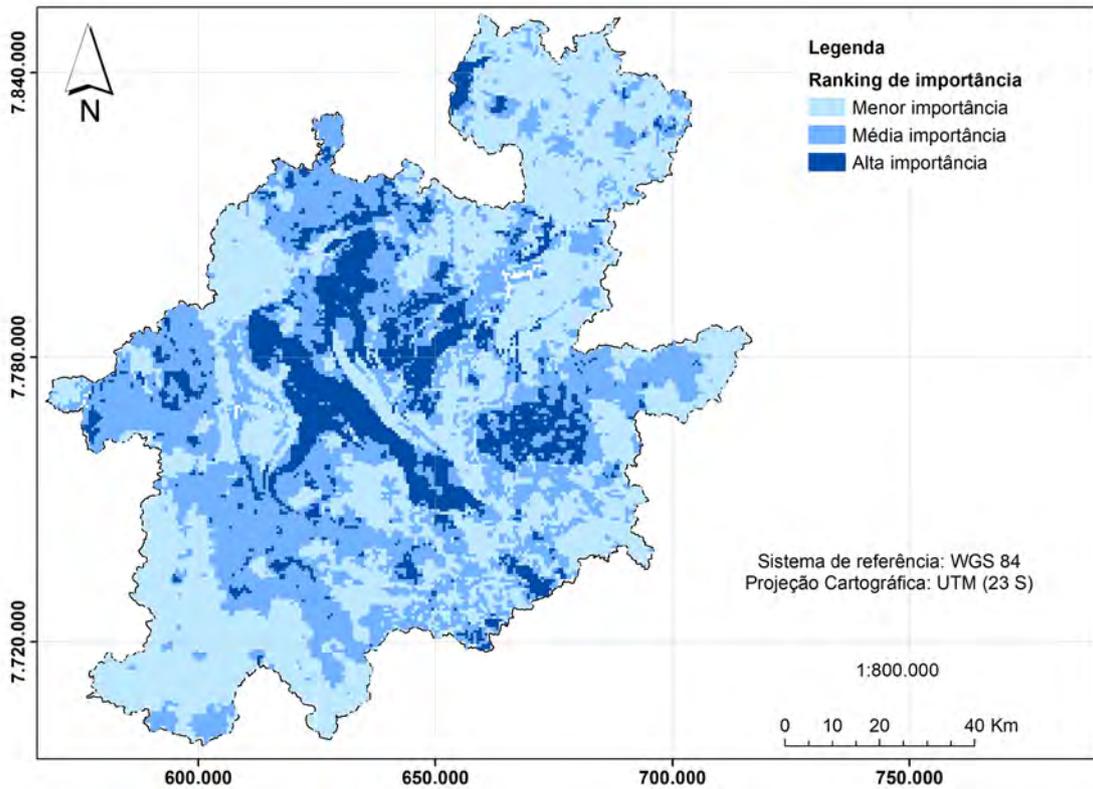


Figura 11 Ranking de Importância hídrica do QF.

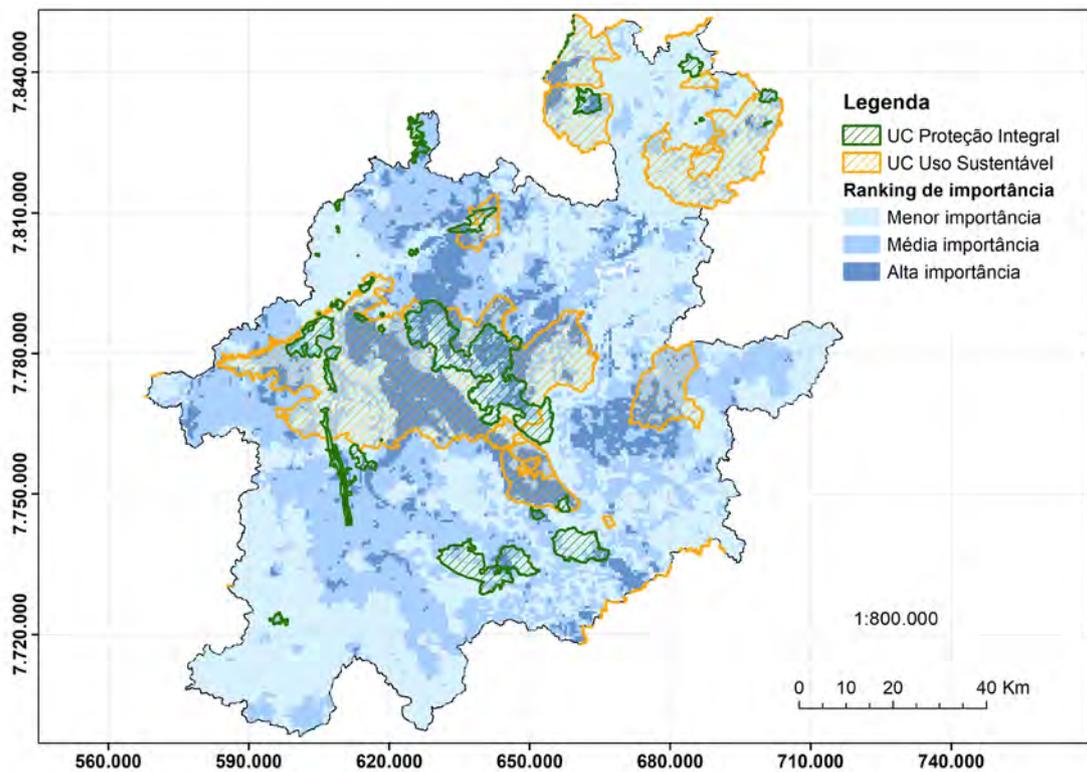


Figura 12 Ranking de Importância hídrica e Unidades de Conservação do QF.

de Bela Fama, do Sistema Integrado Rio das Velhas que abastece 70% da água de Belo Horizonte.

Outras manchas de alta importância hídrica coincidem com outras unidades de Conservação, tais como o Monumento Natural Estadual de Itatiaia e o Parque Estadual da Serra do Ouro Branco, que são Unidades de Conservação de Proteção Integral. Na ponta norte do Quadrilátero Ferrífero é perceptível também a correspondência da Área de Proteção Ambiental Morro da Pedreira, Unidade de Conservação de Uso Sustentável, com uma mancha de classe de alta importância hídrica.

Para fins de análise complementar, a Figura 13 ilustra a sobreposição do mapa de ranking de importância hídrica com as barragens inseridas ou não no Plano Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). Entre as barragens inseridas no PNSB, classificou-se entre aquelas que possuem alto, médio ou baixo risco de rompimento. Dentre as barragens presentes, destaca-se àquelas de alto risco e presentes em regiões de alta importância hídrica: 1 – barragem 5 MAC em Nova Lima (Vale); 2 - barragem Mina do Engenho em Rio Acima (abandonada); 3 – barragem Capim Branco (MBR); 4 - barragens sul inferior e sul superior da Minas de Congo Soco em Barão de Cocais (Vale); 5- barragem Taquaras em Nova Lima (MBR).

Analizando-se a presença de barragens de alto risco de rompimento em regiões com alta importância hídrica, ressalta-se a importância de medidas mais restritivas para a mineração no Quadrilátero Ferrífero, que está em constante risco de rompimento de novas barragens e consequente degradação dos corpos hídricos. Além disso, reforça-se a importância de manutenção das unidades de conservação, que, além de serem protegidas devido às suas características especiais, são fundamentais para a proteção das águas e outros recursos naturais.

Por último, entende-se a Análise Multicritérios, tanto baseada em Pesos de Evidência como em Análise Combinatória, como importante ferramenta de tomada de decisão, capaz de avaliar diferentes variáveis a fim de se obter rankings de interesse, de acordo com o objetivo a ser demandado. O estudo aqui apresentado tem caráter defensável e reproduzível, pois pode ser repetido em outras áreas e por outros pesquisadores, dando suporte à construção de opiniões e à tomada de decisões.

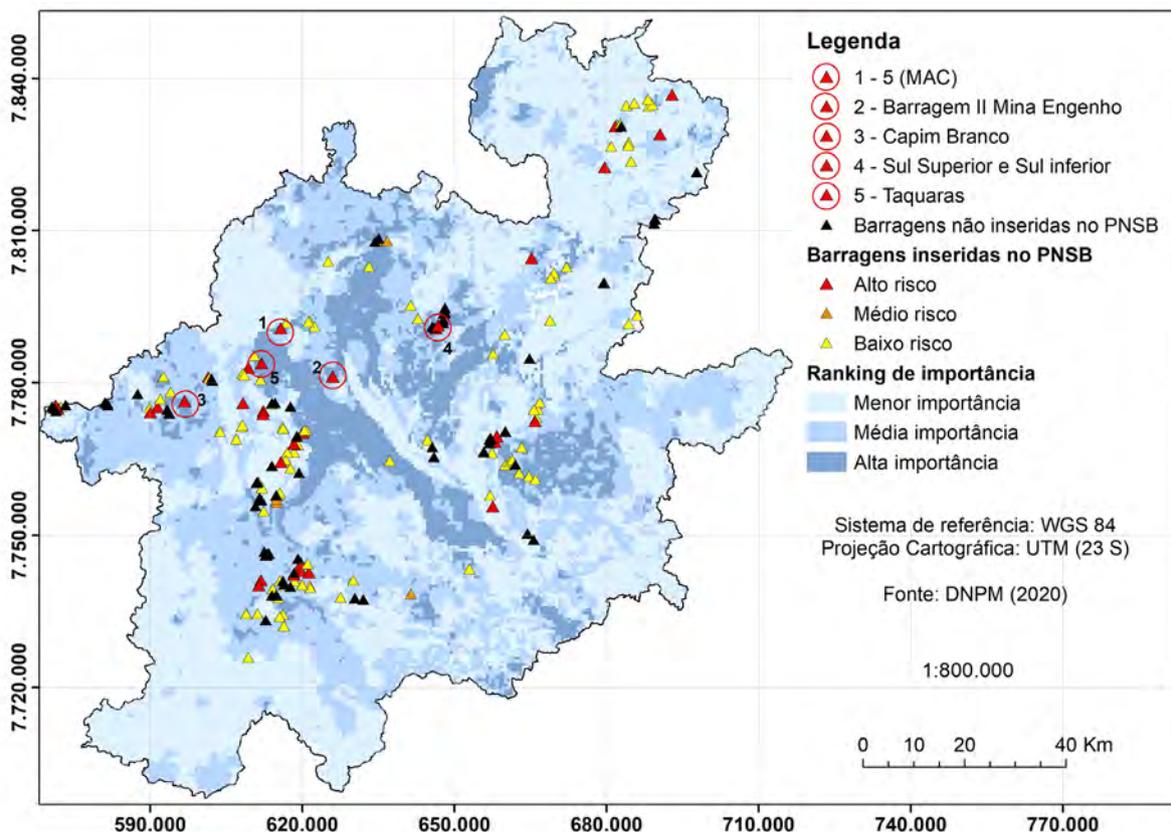


Figura 13 Ranking de Importância hídrica e Barragens do QF.

4 Agradecimentos

Os autores agradecem ao suporte CNPq através do projeto “Geodesign e Modelagem Paramétrica da Ocupação Territorial: Geoprocessamento para a proposição de um Plano Diretor da Paisagem para a região do Quadrilátero Ferrífero-MG”, Processo 401066/2016-9, Edital Universal 01/2016.

5 Referências

- Bertalanffy, LV. 1968. *General System Theory*. G. Braziller, 289 p.
- Camargos, M.L.; Rodrigues, P.C.H.; Nero, M.A. 2019. Metodologia para Verificação de Volumes de Bacias de Rejeito de Mineração por Geoprocessamento. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 20(4): 719-734.
- Fonseca, C.O. 2014. *A dinâmica espacial da Serra do Gandarela e entorno a partir da formação de territórios: análise e representações coremáticas*. Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado, 127p.
- Fundação Biodiversitas. 2005. Biodiversidade em Minas Gerais. Belo Horizonte. Disponível em: <<http://www.biodiversitas.org.br/atlas/>>. Acesso em agosto 2019.
- Horton, R.E. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America*, 56(3): 275-370.
- Moura, A.C.M. & Jankowski, P. 2016. Contribuições aos estudos de análise de incertezas como complementação às análises multicritérios - *Sensitivity analysis to suitability evaluation*. *Revista Brasileira de Cartografia*, 68(4), Edição Especial Geoinformação e Análise Espacial: 665-684.
- Moura, A.C.M. 2007. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análises de Multicritérios. *In: ANAIS XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, Florianópolis, Brasil, INPE, p. 2899-2906.
- Pariuzzi, M.G. 2010. Mapa de Unidades Geotécnicas da Região Metropolitana de Belo Horizonte. *In: PROGRAMA DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DA RMBH: RELATÓRIO DE GEOPROCESSAMENTO*. Belo Horizonte, p. 1-73.
- Rico, E.A.M. 2013. *Metodologia para priorização de intervenções em trechos de cursos de água: estudo de caso torrentes Bolonia e Yomassa, Bogotá - Colômbia*. Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Dissertação de Mestrado, 156p.
- Rocha, N.A.; Casagrande, P. & Moura, A.C.M. 2018. Análise combinatória e pesos de evidência na produção de análise de multicritérios em modelos de avaliação. *Luján*, 10(Número especial): 37-61.
- Tkach, J.R. & Simonovic, S.P. 1997. A new approach to Multi-criteria decision making in water resources. *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, 1(1): 25-44.