

CARACTERIZAÇÃO DO GRUPO HIDROLÓGICO DE SOLO (GHS) DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

Túlio Soares Lima¹; Aloysio Portugal Maia Saliba² & Mariana Sampaio Barrozo³

Abstract: This study presents the characterization of Hydrologic Soil Groups (HSG) within a watershed located in the Iron Quadrangle to support surface runoff estimation using the Curve Number (CN) method. A total of 20 hand auger boreholes were conducted, including *in situ* saturated permeability tests and the collection of soil samples for particle size analysis. Based on the results obtained and considering local constraints, test limitations, and national methodologies for HSG classification, the criteria established by the USDA, SCS (1993), and NRCS (2009) were adopted. The results indicated a predominance of HSG B and C within the watershed, with spatial distribution associated with local pedological and geological characteristics. The classification identified approximately 52% of the area as belonging to HSG B and 48% to HSG C, showing conceptual consistency with the geomorphological development of the watershed. The hydrologic soil characterization carried out provides essential data for drainage studies, hydrological simulations, and local water resource management. For future studies, it is recommended to complement the database with detailed descriptions of soil horizons and expand the spatial coverage of sampling.

Resumo: Este estudo apresenta a caracterização dos Grupos Hidrológicos de Solo (GHS) de uma bacia hidrográfica localizada no quadrilátero ferrífero para subsidiar a estimativa de escoamento superficial via “Método do Número da Curva de Escoamento” (*Curve Number – CN*). Foram executadas 20 sondagens a trado, sendo realizados ensaios de permeabilidade saturada *in situ* e coleta de amostras para ensaios granulométricos. A partir dos resultados obtidos e em função das limitações locais, dos ensaios e das metodologias nacionais para a definição de GHS, adotaram-se os critérios do USDA, SCS (1993) e NRCS (2009). Os resultados revelaram predominância dos GHS B e C na bacia, com distribuição espacial associada às características pedológicas e geológicas locais. A classificação identificou aproximadamente 52% da área pertencente ao GHS B e 48% ao GHS C, com coerência conceitual em relação à evolução geomorfológica da bacia. A caracterização hidrológica de solo realizada fornece subsídios importantes para estudos de drenagem, simulações hidrológicas e gestão de recursos hídricos locais, recomendando-se, para trabalhos futuros, a complementação da base de dados com descrições detalhadas dos horizontes dos solos e a ampliação da cobertura espacial das amostragens.

Palavras-Chave – Grupo Hidrológico de Solo

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Para o planejamento e operação de obras hidráulicas, é essencial o conhecimento da vazão, do volume e do hidrograma de escoamento superficial em bacias hidrográficas. Em bacias sem monitoramento, a estimativa do volume de escoamento superficial é feita por modelos hidrológicos. O "Método do Número da Curva" (*Curve Number Method - CN*), frequentemente denominado

1) TEC3 Geotecnologia e Recursos Hídricos (tlima@tec3engenharia.com.br / tuliosoareslima7@gmail.com)

2) TEC3 Geotecnologia e Recursos Hídricos (asaliba@tec3engenharia.com.br)

3) TEC3 Geotecnologia e Recursos Hídricos (mbarrozo@tec3engenharia.com.br)

Método do *Soil Conservation Service* (SCS), corresponde a um dos modelos mais utilizados mundialmente, o qual estima a parcela de chuva total transformada em escoamento superficial, levando em consideração os Grupos Hidrológicos de Solo (GHS), a cobertura do solo, as práticas conservacionistas e as condições de escoamento antecedentes da bacia (Sartori, 2010).

Para determinação do CN, parâmetro característico do Método do SCS, é fundamental definir, anteriormente, os grupos hidrológicos (A, B, C e D) dos solos da área de interesse de acordo com o potencial de escoamento superficial, sendo A o grupo de menor potencial e D o de maior potencial. Essas definições do GHS, originalmente propostas pelo SCS para os Estados Unidos da América (EUA) em 1972, ainda são usadas no Brasil, mas com aplicação inconsistente devido à falta de critérios bem definidos e conhecimento das condições locais, como a profundidade do solo (Sartori, 2010).

Alguns autores, como Brakensiek e Rawls (1983), apresentaram uma simplificação para a classificação hidrológica de solos que se baseia nas classes texturais do USDA (1993). Contudo, para Hawkins et al. (2009), a classificação vai além da classe textural e da capacidade de infiltração, e existem poucos critérios objetivos para fazer as identificações dos grupos hidrológicos fora dos EUA. Dessa forma, a falta desses critérios resultou em inconsistências, o que levou à revisão do Método do SCS (NRCS, 2009), incorporando critérios como a profundidade da camada restritiva, o nível d'água subterrâneo e a condutividade hidráulica saturada ao longo do perfil do solo (Sartori, 2010).

Com o objetivo de não necessitar de medições de condutividade hidráulica saturada ao longo do perfil e diminuir a suscetibilidade de interpretações subjetivas, Sartori (2010) desenvolveu novos critérios de classificação de GHS baseados em propriedades do solo que estão comumente presentes nos boletins de levantamentos e mapas de solo do Brasil. As definições dos grupos hidrológicos de solo podem ser encontradas em Sartori (2010).

Estudos localizados são escassos no Brasil. Este artigo apresenta os estudos para caracterização do GHS de uma bacia hidrográfica localizada no quadrilátero ferrífero. Para isso, foram executadas campanhas de investigações geológico-geotécnicas de campo e laboratório, assim como análises de permeabilidade saturada e granulometria das amostras de solos coletadas na região da bacia.

1.2 Geologia

A bacia hidrográfica do estudo está inserida no contexto geológico regional do Quadrilátero Ferrífero, sob rochas do Grupo Nova Lima, do Supergrupo Rio das Velhas e das rochas do Grupo Caraça e do Grupo Itabira do Supergrupo Minas (Figura 1a). O Grupo Nova Lima é composto por rochas metavulcânicas e metassedimentares clástico-químicas arqueanas subdivididas em 06 formações geológicas compreendidas em: Formação Ouro Fino 2; Formação Morro Vermelho; Formação Mestre Caetano; Formação Ribeirão do Brumado. O Grupo Caraça é composto por 02 formações paleoproterozoicas, a Formação Moeda e a Formação Batatal. O Grupo Itabira compreende as rochas da Formação Cauê e Formação Gandarela (Cavalcanti et al., 2020).

Na região de estudo ocorrem as formações Ouro Fino 2 e Mestre Caetano (do Grupo Nova Lima) e as rochas da Formação Moeda e da Formação Batatal (do Grupo Caraça) e da Formação Cauê (do Grupo Itabira).

1.3 Pedologia

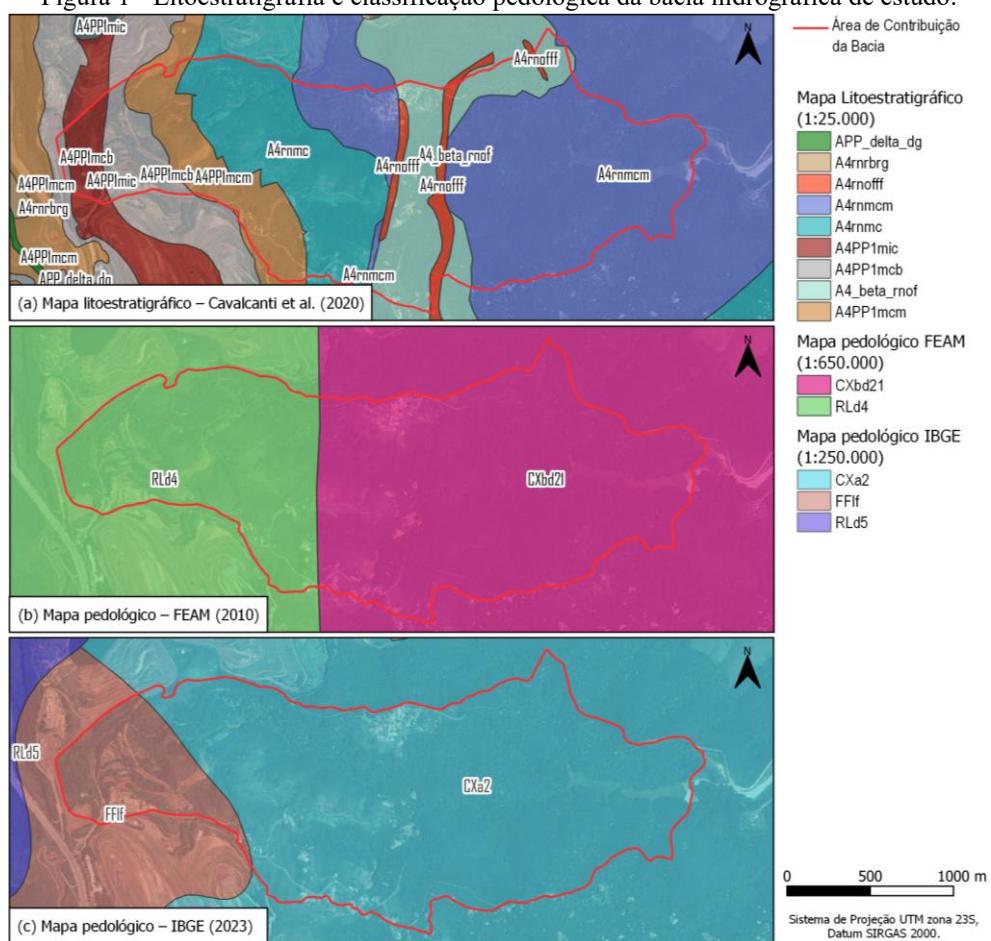
Para análise da pedologia da área de estudo, considerou-se as classificações dos mapas pedológicos da FEAM (2010) - Figura 1 (b) e do IBGE (2023) - Figura 1 (c).

No mapa da FEAM (Figura 1b), as tipologias de solo existentes na bacia de estudo são CXbd21 (CAMBISSOLO HÁPLICO Tb distrófico típico e léptico A moderado + NEOSSOLO LITÓLICO

distrófico típico A moderado + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico A moderado) e RLd4 (NEOSSOLO LITÓLICO distrófico típico A + AFLORAMENTO ROCHOSO). Enquanto no mapa do IBGE (Figura 1c), as tipologias existentes são CXa2 (CAMBISSOLO HÁPLICO Alumínico típico + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico) e FFlf (PLINTOSSOLO PÉTRICO Litoplíntico latossólico e típico + LATOSSOLO VERMELHO Perfírrico húmico e típico).

Em resumo, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) e SEMAD (2010), essas quatro tipologias supracitadas são semelhantes entre si, principalmente em relação ao relevo mais declinoso, à pequena profundidade, à ocorrência de pedregulhos na massa de solo e à baixa atividade das argilas.

Figura 1 - Litoestratigrafia e classificação pedológica da bacia hidrográfica de estudo.



2. METODOLOGIA

2.1 Investigações de campo e laboratório

As investigações de campo e laboratório consistiram na execução de 20 sondagens a trado, sendo que em 14 dessas foram coletadas amostras deformadas e realizados ensaios de granulometria completa (peneiramento e sedimentação) e em 13 realizadas ensaios de permeabilidade saturada em solo. As atividades seguiram as normas NBR 9.603 (ABNT, 2023), o “Manual de Sondagem” (ABGE, 2021) e a norma ABGE 107-2024 (ABGE, 2024).

A Figura 2 apresenta a localização das 20 sondagens executadas, e na Tabela 1 são expressos resumidamente os resultados dos ensaios de granulometria e permeabilidade saturada. Destaca-se que

as sondagens ST-01A, ST-02A, ST-04A, ST-06A, ST-08A e ST-09A foram executadas somente para verificação do nível d'água. Além dessas, ressalta-se que não foi constatada a presença de água em nenhuma sondagem.

Figura 2 - Localização das investigações geológico-geotécnicas de campo executadas na bacia.



Tabela 1 - Resumo dos ensaios de campo (permeabilidade saturada) e ensaios de laboratório (granulometria).

| Investigação | Trecho de coleta de amostra (m) | Análise Granulométrica | | | | ρ (g/cm³) | Trecho ensaio infiltr. (m) | Ks (mm/h) | Class. Pedol. |
|--------------|---------------------------------|------------------------|------|------|-------|----------------|----------------------------|-----------|---------------|
| | | Arg. | Sil. | Are. | Pedr. | | | | |
| ST-01 | 0,00 a 1,00 | 12% | 69% | 15% | 4% | 2,11 | 0,10 a 1,00 | 4,87 | RLd4 / FFIf |
| ST-02 | 0,00 a 1,00 | 11% | 34% | 47% | 8% | 4,40 | 0,10 a 1,00 | 19,34 | RLd4 / FFIf |
| ST-03 | 0,00 a 1,00 | 43% | 38% | 18% | 3% | 2,83 | 0,10 a 1,00 | 52,63 | CXbd21 / CXa2 |
| ST-04 | 0,00 a 1,00 | 16% | 69% | 14% | 1% | 2,92 | 0,10 a 1,00 | 7,58 | CXbd21 / CXa2 |
| ST-05 | 0,00 a 1,00 | 9% | 31% | 33% | 27% | 2,91 | - | - | CXbd21 / CXa2 |
| ST-05A | 0,00 a 1,00 | 11% | 53% | 29% | 7% | 2,85 | 0,10 a 1,00 | 52,63 | CXbd21 / CXa2 |
| ST-06 | 0,00 a 1,00 | 39% | 30% | 18% | 13% | 2,76 | 0,10 a 1,00 | 68,71 | CXbd21 / CXa2 |
| ST-07 | 0,00 a 1,00 | 6% | 79% | 14% | 1% | 2,85 | 0,10 a 1,00 | 3,96 | CXbd21 / CXa2 |
| ST-08 | 0,00 a 1,00 | 2% | 82% | 9% | 7% | 2,72 | 0,10 a 1,00 | 5,24 | CXbd21 / CXa2 |
| ST-09 | 0,00 a 1,00 | 16% | 55% | 17% | 12% | 2,84 | 0,10 a 1,00 | 36,19 | CXbd21 / CXa2 |
| ST-10 | 0,00 a 1,00 | 14% | 56% | 16% | 14% | 2,86 | 0,10 a 1,00 | 8,92 | CXbd21 / CXa2 |
| ST-11 | 0,00 a 1,00 | 42% | 32% | 11% | 15% | 2,74 | 0,10 a 1,00 | 32,58 | CXbd21 / CXa2 |
| ST-12 | 0,00 a 1,00 | 4% | 49% | 24% | 23% | 2,85 | 0,10 a 1,00 | 12,63 | RLd4 / CXa2 |
| ST-13 | 0,00 a 1,00 | 24% | 20% | 30% | 28% | 3,27 | 0,10 a 1,00 | 79,21 | CXbd21 / CXa2 |

Arg. = Argila; Sil. = Silte; Are. = Areia; Ped. = Pedregulho; ρ = Massa específica real dos grãos; Ks = Coeficiente de permeabilidade saturada; Class. Pedol. = Classificação pedológica (FEAM, 2010 / IBGE, 2023).

2.2 Metodologias de Classificação

Apesar de Sartori (2010) ter desenvolvido critérios de classificação de GHS baseados em propriedades do solo, o presente estudo não pôde utilizar essa metodologia já que não houve a caracterização de cada horizonte das amostras coletadas em campo para identificação das características e profundidades das camadas restritivas. Assim, aplicaram-se outras metodologias de classificação em função da condutividade hidráulica e da classe textural do solo.

O trabalho de Hawkins et al. (2009) cita dez diferentes referências de classificação hidrológica de solo em função da capacidade de infiltração. A Tabela 2 apresenta os limites das capacidades de infiltração propostos nessas referências para cada GHS

Tabela 2 - Grupos hidrológicos de solos e capacidades de infiltração. Fonte: adaptado de HAWKINS et al. (2009).

| Referência | Limites de infiltração entre os GHS (mm/h) | | |
|---------------------------|--|-------|--------|
| | D/C | C/B | B/A |
| Musgrave (1955) | 1,27 | 3,81 | 7,62 |
| Musgrave (1964) | 5,59 | 11,94 | 25,40 |
| Leven and Stender (1967) | 20,32 | 63,50 | 127,00 |
| USFS (1970(??)) | 12,70 | 31,75 | 76,20 |
| USDA, SCS (1972) | 2,03 | 20,07 | 197,87 |
| Miller et al. (1973) | 2,03 | 3,81 | 7,62 |
| Terstrip and Stall (1974) | 6,35 | 12,70 | 25,40 |
| Chen (1975) | 19,05 | 50,80 | 330,20 |
| Estgate (1977) | 4,83 | 9,91 | 29,97 |
| USDA, SCS (1993) | 5,08 | 20,32 | 127,00 |

Hawkins et al. (2009) concluem que as classificações propostas por essas diferentes referências são inconsistentes entre si e que não há procedimentos objetivos fáceis ou amplamente disponíveis na literatura aberta. Sendo assim, estes autores recomendam a classificação pelo método do NRCS/USDA (SCS, 1993), considerando o arranjo organizacional e os precedentes da agência. Além disso, Sartori & Genovez (2011) compararam a metodologia proposta por Sartori (2010) com a metodologia do NRCS (2009), identificando similaridade entre os resultados obtidos por essas para onze perfis de solo pertencentes às ordens de maior expressividade no Brasil.

Os critérios de classificação de cada GHS, segundo NRCS (2009), consideram a condutividade hidráulica saturada da camada de menor permeabilidade, a profundidade da camada impermeável e a profundidade do nível do lençol freático (Tabela 3). Não houve caracterização de cada horizonte das amostras coletadas, não sendo possível, portanto, a identificação e a profundidade da camada de menor permeabilidade. Além disso, os coeficientes de permeabilidade saturada (K_s) foram obtidos em campo de forma genérica e não para cada horizonte de solo. Sendo assim, para classificação das amostras usando essa metodologia foram feitas as seguintes considerações:

- Para as amostras ST-03, ST-06 e ST-09, cujos teores de argila e silte são maiores que de areia e pedregulho (vide Tabela 1), assumiu-se uma profundidade da camada impermeável entre 50 e 100 cm e uma profundidade do lençol subterrâneo maior que 60 cm (vide Tabela 3) já que não foi constatado nível d'água em nenhuma sondagem;
- Para as demais amostras, assumiu-se uma profundidade da camada impermeável maior que 100 cm e uma profundidade do lençol subterrâneo maior que 100 cm já que não foi constatado nível d'água em nenhuma sondagem;
- Os coeficientes de permeabilidade saturada obtidos de forma genérica para os perfis de solo (vide Tabela 1) foram considerados como sendo o K_s da camada menos permeável (vide Tabela 3).

Tabela 3 - Critérios para classificação hidrológica de solos, segundo NRCS (2009). Fonte: NRCS (2009).

| Prof. camada impermeável (cm) | Prof. lençol subterrâneo (cm) | Coeficiente de permeabilidade saturada (K_s) da camada menos permeável (mm/h) | Prof. limite da K_s (cm) | GHS |
|-------------------------------|-------------------------------|---|----------------------------|-----|
| < 50 | - | - | - | D |
| 50 a 100 | < 60 | >144 | 0 a 60 | A/D |
| | | >36 a ≤ 144 | | B/D |
| | | >3,6 a ≤ 36 | | C/D |
| | | ≤ 3,6 | | D |
| | ≥ 60 | >144 | 0 a 50 | A |
| | | >36 a ≤ 144 | | B |
| | | >3,6 a ≤ 36 | | C |
| | | ≤ 3,6 | | D |

| Prof. camada impermeável (cm) | Prof. lençol subterrâneo (cm) | Coeficiente de permeabilidade saturada (Ks) da camada menos permeável (mm/h) | Prof. limite da Ks (cm) | GHS |
|-------------------------------|-------------------------------|--|-------------------------|-----|
| > 100 | < 60 | > 36 | 0 a 100 | A/D |
| | | > 14,4 a ≤ 36 | | B/D |
| | | > 1,44 a ≤ 14,4 | | C/D |
| | | ≤ 1,44 | | D |
| | 60 a 100 | > 144 | 0 a 50 | A |
| | | > 36 a ≤ 144 | | B |
| | | > 3,6 a ≤ 36 | | C |
| | | ≤ 3,6 | | D |
| | > 100 | > 36 | 0 a 100 | A |
| | | > 14,4 a ≤ 36 | | B |
| | | > 1,44 a ≤ 14,4 | | C |
| | | ≤ 1,44 | | D |

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras de solo coletadas em campo foram, então, classificadas hidrologicamente pelas metodologias das referências citadas por Hawkins et al. (2009) e pela metodologia do NRCS (2009), conforme Tabela 2 e Tabela 3, respectivamente. O GHS obtido pelas onze referências para cada amostra são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Grupos hidrológicos para cada amostra de solo obtidos por diferentes referências.

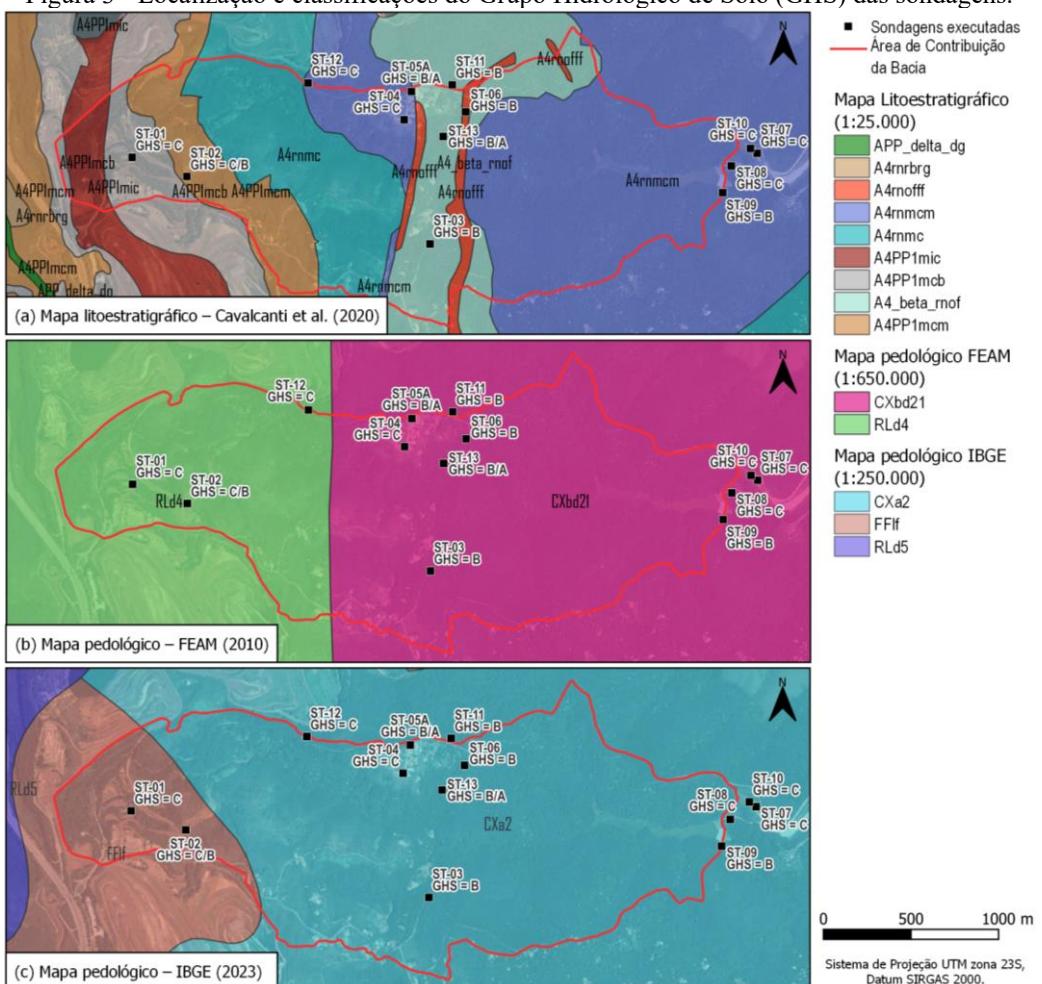
| Sondagens | Grupo Hidrológico do Solo (GHS) | | | | | | | | | | |
|-----------|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Ref. 01 | Ref. 02 | Ref. 03 | Ref. 04 | Ref. 05 | Ref. 06 | Ref. 07 | Ref. 08 | Ref. 09 | Ref. 10 | Ref. 11 |
| ST-01 | B | D | D | D | D | B | D | D | C | C | C |
| ST-02 | A | B | D | C | C | A | B | C | B | C | B |
| ST-03 | A | A | C | B | B | A | A | B | A | B | B |
| ST-04 | B | C | D | D | C | B | C | D | C | C | C |
| ST-05A | A | A | C | B | B | A | A | B | A | B | A |
| ST-06 | A | A | B | B | B | A | A | B | A | B | B |
| ST-07 | B | D | D | D | D | B | D | D | D | C | C |
| ST-08 | B | D | D | D | C | B | D | D | C | C | C |
| ST-09 | A | A | C | B | B | A | A | C | A | B | B |
| ST-10 | A | C | D | D | C | A | C | D | C | C | C |
| ST-11 | A | A | C | B | B | A | A | C | A | B | B |
| ST-12 | A | B | D | D | C | A | C | D | B | C | C |
| ST-13 | A | A | B | A | B | A | A | B | A | B | A |

Ref. 01: Musgrave (1955); Ref. 02: Musgrave (1964); Ref. 03: Leven and Stender (1967); Ref. 04: USFS (1970(?)); Ref. 05: USDA, SCS (1972); Ref. 06: Miller et al. (1973); Ref. 07: Terstrip & Stall (1974); Ref. 08: Chen (1975); Ref. 09: Estgate (1977); Ref. 10: USDA, SCS (1993); Ref. 11: NRCS (2009).

A partir das classificações apresentadas na Tabela 4, percebe-se a inconsistência entre as referências, conforme relatado por Hawkins et al. (2009). Em alguns casos, uma mesma amostra foi classificada nos quatro diferentes GHS (A, B, C e D), como nas sondagens ST-02 e ST-12. Sendo assim, considerando a recomendação de Hawkins et al. (2009) e a similaridade entre as metodologias de Sartori (2010) e NRCS (2009), apresentada em Sartori & Genovez (2011), a classificação das amostras de solo da bacia hidrográfica considerada para esse estudo foi baseada nas metodologias USDA, SCS (1993) e NRCS (2009), referências 10 e 11 da Tabela 4, respectivamente. Dessa forma, as amostras de solo foram classificadas nos grupos B e C, com exceção das amostras ST-05A e ST-13, as quais foram classificadas no grupo A pela metodologia do NRCS (2009). A localização e a classificação hidrológica dos solos das sondagens executadas são apresentadas na Figura 3 para os

mapas pedológicos da FEAM (2010) e do IBGE (2023), assim como para o mapa litoestratigráfico da Folha São Sebastião das Águas Claras, do Serviço Geológico do Brasil (Cavalcanti et al., 2020).

Figura 3 - Localização e classificações do Grupo Hidrológico de Solo (GHS) das sondagens.



É importante ressaltar que as sondagens classificadas no mesmo grupo hidrológico para as duas referências foram representadas com apenas uma letra, enquanto as que tiveram divergências de classificação entre elas foram representadas por duas letras separadas por barra (exemplo: a amostra ST-02 foi classificada como GHS C pela metodologia SCS e como GHS B pela metodologia NRCS, portanto, GHS ST-02 = C/B).

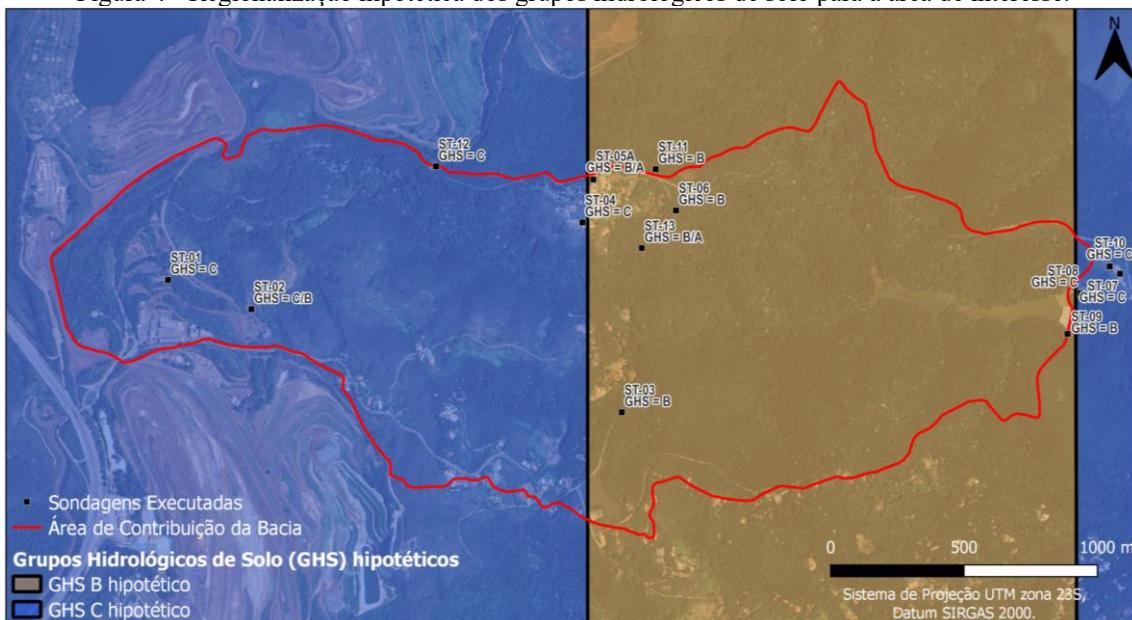
Em uma primeira análise, ao avaliar o mapa litoestratigráfico da Figura 3 (a), percebe-se uma possível correlação entre esses grupos hidrológicos e o contexto geológico, em que o GHS B está associado às unidades litoestratigráficas “A4_beta_rnof” e “A4rnofff” correspondentes à formação geológica Ouro Fino 2, e o GHS C às demais unidades. Contudo, entende-se que essa não é a única variável determinante do grupo hidrológico, já que a pedogênese, ou formação dos solos, ocorre por diversos processos além do intemperismo e desgaste da rocha mãe.

Em relação aos mapas pedológicos da Figura 3 (b e c), percebe-se alguma relação entre a espacialidade dos grupos hidrológicos de solo das amostras e a pedologia local, ainda que limitada pelo nível de detalhamento dos mapas da FEAM e do IBGE quando comparadas à área da bacia hidrográfica do estudo. Além disso, as características dos grupos hidrológicos B e C, descritas por Sartori (2010), são condizentes às características dos solos existentes na região da bacia, tanto pela classificação pedológica do mapa da FEAM, quanto pela do mapa do IBGE.

Adicionalmente, nota-se um predomínio do grupo hidrológico B na porção central da bacia, enquanto o grupo C tende às extremidades oeste (cabeceira) e leste (a jusante do exutório). Essa tendência é suportada conceitualmente pelo entendimento de que nas cabeceiras ocorrem declividades mais acentuadas e solos menos desenvolvidos, na porção central ocorrem solos de origem predominantemente coluvionar, enquanto a jusante do exutório esperam-se materiais de origem predominantemente aluvionar.

A regionalização dos resultados foi influenciada pela dificuldade de acesso a algumas áreas e pela impossibilidade de obter informações naquelas de propriedade de terceiros, comprometendo a caracterização espacial dos GHS presentes na bacia. Apesar dessas limitações, considerando as sondagens executadas e os resultados obtidos, buscou-se uma representação aproximada e hipotética da espacialização dos grupos hidrológicos, apresentada na Figura 4.

Figura 4 - Regionalização hipotética dos grupos hidrológicos de solo para a área de interesse.



Considerando essa regionalização hipotética, o grupo hidrológico B corresponde a aproximadamente 52% da área da bacia, enquanto o grupo C abrange os 48% restantes. Ressalta-se que essa classificação de GHS se aproxima da classificação de solos produzida pela FEAM (2010 - Figura 1a), classificando-se o domínio RLD4 no GHS tipo C e o domínio CXbd21 no GHS tipo B, tendo em vista as limitações da amostragem espacial.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

O presente estudo teve como objetivo caracterizar os Grupos Hidrológicos de Solo (GHS) de uma bacia hidrográfica, localizada no quadrilátero ferrífero, com base em investigações geológico-geotécnicas e análises laboratoriais, onde foram realizadas sondagens a trado, coleta de amostras deformadas para ensaio de granulometria completa e ensaios de permeabilidade saturada *in situ*.

Para a determinação dos grupos hidrológicos de solo presentes na bacia de interesse, considerou-se metodologias de classificação em função da condutividade hidráulica e da classe textural do solo. Sendo assim, as amostras de solo coletadas foram classificadas por dez diferentes metodologias de classificação hidrológica de solo, citadas por Hawkins et al. (2009).

As classificações obtidas apresentaram grande variabilidade, confirmando as inconsistências apontadas na literatura. Considerando a recomendação de Hawkins et al. (2009) e a similaridade entre

as metodologias de Sartori (2010) e NRCS (2009), a classificação das amostras de solo da bacia foi baseada nas metodologias USDA, SCS (1993) e NRCS (2009). As amostras de solo foram classificadas, majoritariamente, nos grupos B e C em 52% e 48% da área, respectivamente.

Nota-se um predomínio do GHS B na porção central da bacia, onde, conceitualmente, ocorrem solos de origem predominantemente coluvionar, enquanto o grupo C tende às extremidades oeste (cabeceira), onde ocorrem declividades mais acentuadas e solos menos desenvolvidos, e leste (a jusante do exutório), onde esperam-se materiais de origem predominantemente aluvionar.

A análise da localização das sondagens executadas e as classificações hidrológicas evidenciaram uma possível correlação entre os GHS e as unidades litoestratigráficas e pedológicas da região, ainda que limitada pelo grau de detalhamento dos mapas disponíveis. A regionalização dos resultados foi influenciada pela dificuldade de acesso a algumas áreas e pela impossibilidade de obter informações naquelas de propriedade de terceiros, comprometendo a caracterização espacial dos GHS presentes na bacia. As análises e classificações das amostras limitaram-se pelos resultados obtidos pelas investigações de campo e laboratório, em que foram realizadas análises granulométricas e ensaios de permeabilidade saturada para os perfis de solo de forma genérica, sem diferenciar horizontes de solo.

A caracterização hidrológica realizada fornece subsídios importantes para estudos de drenagem, simulações hidrológicas e gestão de recursos hídricos, recomendando-se a complementação da base de dados com descrições dos horizontes dos solos e a ampliação da cobertura espacial das amostras.

5. REFERÊNCIAS

ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (2024). Norma ABGE 107-2024: “*Ensaios de permeabilidade em solos utilizando furo de sondagem, poço, cava, slug test e anel duplo: procedimentos para execução e interpretação de resultados*”. 1. ed. São Paulo.

ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (2021). “*Investigações Geológico-Geotécnicas: Guias de Boas Práticas*”. Editor Monticelli, J.J., p.528.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2023). NBR 9603: “*Sondagem a trado – Procedimento*”. Rio de Janeiro.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2018). NBR 7181 - Versão Corrigida 2: “*Solo - Análise granulométrica*”. Rio de Janeiro.

BRAKENSIEK, D. L.; RAWLS, W. J. (1983). “*Green-Ampt Infiltration Model Parameters for Hydrologic Classification of Soils*”. Specialty Conference on Advances in Irrigation and Drainage: Surviving external pressures, July 20-22, Jackson, Wyoming, USA. Proceedings. ASCE/ASAE.

CAVALCANTI, J.A.D.; RIBEIRO, J.H.; TULLER, M.P.; SIGNORELLI, N. (2020). Projeto Evolução Crustal e Metalogenética do Quadrilátero Ferrífero, Folha São Sebastião das Águas Claras (Macacos) - SF.23-X-A-III-1-NO. Belo Horizonte. CPRM. Carta Geológica. Escala 1:25.000.

CHEN, C.L. (1975). “*Urban storm inlet hydrograph study, volume 5. Soil moisture complex: analysis of parametric infiltration models for highway sideslopes*”. PRWG106-5, UWRL, Logan, Utah 84322.

ESTGATE, W. I. (1977). “*Rates and runoff for small Queensland catchments*”. Proceedings Hydrology Symposium 1977, the Hydrology of Northern Australia. Institute of Engineers, Australia, 11 National Circuit, ACT 2000.

FEAM - Fundação Estadual de Meio Ambiente (2010). “*Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais*”. Escala 1:650.000.

HAWKINS, R. H., WARD, T. J., WOODWARD, D. E., VAN MULLEM, J. A. (2009). “*Curve Number Hydrology: State of the Practice*”. Prepared by the ASCE/EWRI Curve Number Hydrology Task Committee sponsored by Environmental and Water Resources Institute (EWRI) of the American Society of Civil Engineers.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2023). “*Mapa de solos do Brasil*”. Escala 1:250.000.

LEVEN, A. A.; STENDER, P. J. (1967). “*Comprehensive survey and analysis, Black River Barometer Watershed, Apache National Forest*.”. USDA-Forest Service, R-3. ca 100pp.

MILLER, D. L., CLARK, R. A.; SCHUMBACH, D. (1973). “*Flood studies*”. Design of Small Dams, USDA, Bureau of Reclamation, GPO, Washington DC. 816pp.

TERSTRIP, M. L.; STALL, J. B. (1974). “*The Illinois urban drainage area simulator, ILLUDAS*”. Illinois State Water Survey, Urbana.

MUSGRAVE, G. W. (1955). “*How much rain enters the soil?*”. Water, the Yearbook of Agriculture 1955. 151-159. Superintendent of Documents, Washington DC.

MUSGRAVE, G. W., & Holtan. H. N. (1964). “*Infiltration*”. Handbook of Applied Hydrology, by Ven Te Chow (ed), Chapter 12.

NRCS - Natural Resources Conservation Service (2009). “*Chapter 7: Hydrologic Soil Groups*”. In: National Engineering Handbook: Part 630, Hydrology.

SARTORI, A.; GENOVEZ, A. (2011). “*Critérios para Classificação Hidrológica de Solos Tropicais Brasileiros*”. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.

SARTORI, A. (2010). “*Desenvolvimento de Critérios para Classificação Hidrológica de Solos e Determinação de Valores de Referência para o Parâmetro CN*”. 235p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas – SP.

SEMAD - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (2010). “*Mapa de solos do Estado de Minas Gerais: legenda expandida*”. UFV; CETEC; UFLA; FEAM. Belo Horizonte.

USDA - U. S. Department of Agriculture (1993). “*Soil survey manual*”. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 18.

USDA - U. S. Department of Agriculture (1972). Soil Conservation Service. “*Soil survey of Utah County, Utah*” (referenced in Chen, C. Soil Cover and Moisture Complex, Analysis of Parametric Models for Highway Hillslopes. PRWG106-5, UWRL, Logan Utah).

USDA - U. S. Department of Agriculture (1993). Soil Conservation Service. “*Soil survey manual*.”.