

## Qualidade do solo e implicações nos fluxos hídricos em São Gonçalo do Rio Abaixo (MG)

O processo de recomposição florestal é fator determinante para aumentar a retenção e a infiltração de água no solo, contribuindo para a recuperação da vazão e a manutenção dos fluxos hídricos em bacias hidrográficas. Para avaliar a influência da qualidade do solo nos fluxos hídricos na microbacia Chapada – São Gonçalo/MG foram coletadas amostras indeformadas de solo em fragmentos de remanescente de mata, em área de pastagem e área de recomposição florestal; analisadas para parâmetros físicos relacionados à infiltração e à saturação de água no solo. A média dos resultados obtidos para as amostras analisadas indicaram: i) densidade do solo de 1,01 g/cm<sup>3</sup> nos remanescentes de mata; 0,99 g/cm<sup>3</sup> na pastagem e 1,14 g/cm<sup>3</sup> em área de recomposição florestal; ii) umidade volumétrica de 29,38m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> nos remanescentes de mata; 48,28 na pastagem e 34,72 na área de recomposição florestal; iii) porosidade total de 56,95% nas áreas de mata; 53,69% na pastagem e 43,92% na área de recomposição florestal; iv) volume de saturação de água de 0,48 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup> para áreas de mata e 0,40 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup> nas áreas de pastagem e de recomposição vegetal. Os dados indicaram uma qualidade do solo superior nas áreas de remanescentes de mata; exceto para a umidade, uma vez que tais áreas ocupam as porções mais íngremes da vertente, o que favorece o escoamento superficial. Os resultados para as áreas de pastagem e de recomposição florestal indicaram que não houve degradação significativa da qualidade do solo exercida pelo uso e ocupação da área, considerando a existência de pontos de qualidade do solo similares às áreas de mata.

**Palavras-chave:** Bacia hidrográfica; Uso e ocupação do solo; Saturação de água.

## Soil quality and implications for water flows in São Gonçalo of Abaixo River (MG)

The process of forest restoration in pasture area is factor to increase the retention and infiltration of water in the soil, contributing to the recovery of flow and maintenance of water flows in watersheds. To evaluate the influence of soil quality on water flows in the Chapada - São Gonçalo / MG watershed, undisturbed soil samples were collected from forest remnant fragments, pasture area and forest restoration area; analyzed for physical parameters related to soil water infiltration and saturation. The average of the results obtained for the analyzed samples indicated: i) soil density of 1.01 g / cm<sup>3</sup> in forest remnants; 0.99 g / cm<sup>3</sup> in pasture and 1.14 g / cm<sup>3</sup> in forest recomposition area; ii) 29.38m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> volumetric humidity in the forest remnants; 48.28 in the pasture and 34.72 in the forest recomposition area; iii) total porosity of 56.95% in the forest areas; 53.69% in pasture and 43.92% in forest restoration area; iv) water saturation volume of 0.48 cm<sup>3</sup> / cm<sup>3</sup> for forested areas and 0.40 cm<sup>3</sup> / cm<sup>3</sup> for pasture and recomposition areas. Data indicated superior soil quality in the remnant forest areas; except for moisture, since such areas occupy the steepest portions of the slope, which favors runoff. The results for pasture and forest restoration areas indicated that there was no significant degradation of soil quality exerted by the use and occupation of the area, considering the existence of similar soil quality points to forest areas.

**Keywords:** Hydrographic basin; Land use and occupation; Water saturation.


Topic: **Desenvolvimento, Sustentabilidade e Meio Ambiente**

Received: **02/08/2022**

Approved: **23/08/2022**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Fernanda Maria Belotti   
Universidade Federal de Itajubá, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/5777360077113950>  
<https://orcid.org/0000-0003-3417-3738>  
[fernandabelotti@unifei.edu.br](mailto:fernandabelotti@unifei.edu.br)

Talita Eurides Soares Sousa   
Universidade Federal de Itajubá, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/4973260509010923>  
<https://orcid.org/0000-0003-1598-4818>  
[talita.soares.e@gmail.com](mailto:talita.soares.e@gmail.com)



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2022.008.0017

### Referencing this:

BELOTTI, F. M.; SOUSA, T. E. S.. Qualidade do solo e implicações nos fluxos hídricos em São Gonçalo do Rio Abaixo (MG). **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.13, n.8, p.215-223, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.008.0017>

## INTRODUÇÃO

O monitoramento ambiental em bacias hidrográficas objetiva, dentre outros aspectos, diagnosticar as alterações no uso e ocupação do solo e respectivos impactos ambientais, tornando possível avaliar os efeitos sobre os ecossistemas advindos das atividades humanas exercidas nas bacias hidrográficas. Neste sentido, o conhecimento dos parâmetros de qualidade do solo de uma bacia hidrográfica é de grande importância para a avaliação do comportamento dos fluxos hídricos na referida bacia.

O uso da terra e a cobertura vegetal têm um papel preponderante, uma vez que a água é armazenada na bacia e posteriormente distribuída, alimentando nascentes e afluentes do canal principal (LLERENA et al., 2007). Alterações nos sistemas de uso e manejo do solo provocam alterações na resposta hidrológica, pois afetam o escoamento superficial, a vazão máxima de cheia, os fluxos de base, a recarga subterrânea, a umidade do solo, a perda de solo, o transporte de sedimentos e a sedimentação (PAULA et al, 2016; SILVA et al, 2016).

A cobertura vegetal desempenha um papel essencial na manutenção e no equilíbrio do ciclo hidrológico (GREGORY et al., 1992), atuando no controle da produção de água e permanência mínima do fluxo, que garante a estabilidade e o equilíbrio dos ecossistemas terrestres (TUCCI et al., 1997).

A circulação hídrica proveniente das plantas é influenciada tanto por fatores climáticos (precipitação total e a distribuição sazonal das chuvas) como edáficos (EAMUS et al., 2020). A cobertura vegetal também representa um papel-chave nesse regime hídrico, em especial no que se refere ao fluxo de água pelo sistema solo-atmosfera, que atua interceptando e redistribuindo a precipitação, aumentando a infiltração e levando a uma redução na taxa de evaporação da superfície do solo (HUTLEY et al., 2001).

A relação entre água e matas no meio ambiente é indissociável. A vegetação, devido à sua relação direta à permeabilidade dos solos, é fator determinante para a regularidade da vazão dos rios. Segundo SMA (2009), a nascente ideal é aquela que fornece água de boa qualidade, abundante e contínua, localizada próxima do local de uso e de cota topográfica elevada, possibilitando sua distribuição por gravidade, sem gasto de energia. Ressalta-se que, além da quantidade de água produzida pela nascente, é esperada a presença de sua adequada distribuição no tempo, ou seja, que a alteração da vazão esteja situada dentro de um mínimo adequado ao longo do ano. Espera-se que a bacia absorva grande parte dessa água através do solo, que posteriormente é armazenada em seu lençol subterrâneo e conseqüentemente disponibilizada aos cursos d'água através das nascentes, garantindo o controle de vazões durante o ano.

Sendo assim, o manejo de bacias hidrográficas deve contemplar a preservação e melhoria da água quanto à quantidade e qualidade, além de seus interferentes em uma unidade geomorfológica da paisagem como forma mais adequada de manipulação sistêmica dos recursos de uma região (SMA, 2009). Nesse sentido, ressalta-se a importância da qualidade do solo, que consiste na capacidade de um solo funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, para sustentar a produtividade de plantas e animais, manter ou aumentar a qualidade do ar e da água e promover a saúde das plantas, dos animais e dos homens (DORAN et al., 1994).

Segundo o Código Florestal (Lei 12.651), (BRASIL, 2012), a área imediatamente circundante à nascente, em um raio de 50 metros, é unicamente uma área de preservação permanente (APP). As diretrizes para uso do solo no entorno destas áreas existem para proteção da nascente à suscetibilidade de atividade erosiva e para que as atividades de pastagem existentes em seu entorno não influenciem para a contaminação física, biológica e química da água. Sendo assim, as pastagens e os animais devem ser distanciados ao máximo da nascente, pois, ainda que o acesso dos animais à água seja restrito, seus dejetos geram a contaminação do terreno e, na presença de épocas de chuvas, podem contaminar os recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Ressalta-se também que as atividades de pastagem próximas às nascentes contribuem para a compactação da superfície do solo, diminuição da sua capacidade de infiltração, favorecendo a suscetibilidade à erosão laminar, e conseqüentemente ocasiona a alteração dos parâmetros de qualidade da água, como por exemplo, o aumento da turbidez.

Mediante o entendimento da relação entre resposta hidrológica, desflorestamento e os parâmetros de qualidade do solo, é possível realizar a análise das conseqüências da dinâmica de uso da terra e os danos à dinâmica do ciclo hidrológico.

Neste contexto, a análise dos parâmetros de qualidade do solo é uma alternativa para obter informações sobre o estado de conservação do meio e apresenta relevância relacionada às atividades de manejo e conservação do solo e da água da bacia hidrográfica, bem como a influência para o atendimento das múltiplas demandas hídricas existentes na bacia e os impactos resultantes de quaisquer mudanças no uso da terra.

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade do solo em três tipos de uso e ocupação: i) área de remanescente florestal, ii) área ocupada por pastagem, iii) área submetida à recomposição florestal com plantio de espécies nativas da região; localizadas na microbacia Chapada, rio Santa Bárbara – São Gonçalo do Rio Abaixo/MG, buscando avaliar e comparar parâmetros de qualidade do solo, a capacidade de retenção de água dos solos analisados e as implicações sobre os fluxos hídricos da região.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Área de estudo**

A área de estudo está inserida na Microbacia Chapada, do rio Santa Bárbara, afluente do rio Piracicaba, e integrante da bacia federal do rio Doce. Localiza-se entre as coordenadas 19°56'29.60"S e 43°30'43.56"O, no município de São Gonçalo do Rio Abaixo/MG.

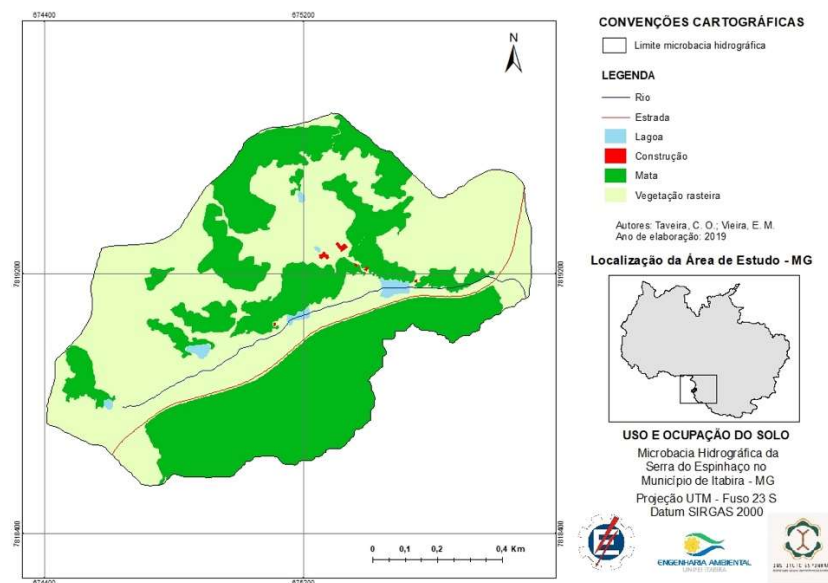
Segundo Fonseca (2012), as condições estruturais da região Nordeste do Quadrilátero Ferrífero, onde está localizada a cidade de São Gonçalo do Rio Abaixo, são caracterizadas pela ocorrência de vertentes alongadas e cristas de serras que possuem distintas toponímias locais. A estruturação regional do relevo permite organizá-lo em dois domínios morfoestruturais regionais, representados pelo Quadrilátero Ferrífero e pela Depressão Periférica Leste do Espinhaço Meridional. De modo geral, estes domínios constituem-se de

mosaicos formados por províncias geomorfológicas ligadas diretamente às condições estruturais da área, nas quais há variações na declividade das vertentes e, sobretudo, variações altimétricas que se relacionam a variações litológicas (DOOR, 1969).

São Gonçalo do Rio Abaixo apresenta clima tropical com temperatura média anual de 21.3 °C e pluviosidade média anual de 1357 mm (CLIMATEMPO, 2020) e cobertura vegetal nativa classificada como Floresta Estacional Semidecidual, caracterizada por pronunciada variação sazonal, com perceptível queda de folhas durante os meses secos, que na região ocorrem de maio a setembro (CLIMATEMPO, 2020),

Segundo IBGE (2017), o município de São Gonçalo do Rio Abaixo possui maior número de habitantes residentes em área rural, representando 52,06% da população em comparação à área urbana com 47,90% da população. A agropecuária é a principal atividade econômica da região, com 43,68% das terras utilizadas com lavouras permanentes e temporárias, 29,39% ocupadas por pastagens naturais e plantadas, 26,11% de matas ou florestas naturais e florestas plantadas e 0,82% de sistemas agroflorestais (IBGE, 2017).

A vegetação rasteira é predominante nas proximidades do leito do rio e em grande parte da área de estudo, caracterizada por: i) área de pastagem ocupada por pastos naturais ou antropizados com a presença de espécies de gramíneas e ii) área com remanescentes florestais, conforme Figura 1.



**Figura 1:** Mapa de uso e ocupação do solo da Microbacia Chapada no município de São Gonçalo do Rio Abaixo, MG.

**Fonte:** TAVEIRA et al., 2019.

### Amostragem e análise de amostras de solo

A amostragem do solo foi realizada em cinco áreas localizadas na microbacia em estudo no final do período chuvoso na área. As amostras foram coletadas: i) em três remanescentes de mata; ii) em área de pastagem recoberta por gramíneas; iii) em área anteriormente ocupada com pastagem e atualmente submetida à recomposição vegetal (as amostras desta área foram coletadas dentro do coroamento das mudas). As áreas remanescentes de mata foram selecionadas como áreas de referência para a qualidade do solo, para efeito de comparação com as demais áreas estudadas.

Em cada área de remanescente de mata foram coletadas 03 amostras com distância de 10 metros

entre os pontos, totalizando 10 amostras; enquanto na área de pastagem e na área de plantio de espécies vegetais para recomposição florestal foram coletadas 06 amostras em cada área, com 10 metros de distância entre os pontos amostrados.

As amostras foram coletadas em cilindros de alumínio, com trado do tipo TAI (Trado para Amostra Indeformada), posteriormente acondicionadas com papel filme e papel alumínio e imediatamente transportadas para laboratório. As amostras foram analisadas segundo Teixeira et al. (2017) para os parâmetros densidade, umidade volumétrica, porosidade total e volume de saturação de água; análises físicas comumente utilizadas para avaliação da capacidade de infiltração e saturação de água no solo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para os parâmetros densidade global, umidade volumétrica, porosidade total e volume de saturação do solo para as áreas de remanescente de mata estão apresentados na tabela 1.

**Tabela 1:** Resultados de análise das amostras de solo em área de remanescente de mata

	Densidade Global (g/cm <sup>3</sup> )	Umidade Volumétrica (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	Porosidade Total (%)	Volume de Saturação (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )
REMANESCENTE DE MATA 1				
A1	1,33	32,81	44,75	0,43
A2	1,35	36,50	42,73	0,43
A3	0,97	19,43	58,48	0,54
REMANESCENTE DE MATA 2				
A4	1,14	29,34	58,26	0,45
A5	0,87	33,70	61,37	0,52
A6	0,75	25,31	65,29	0,53
REMANESCENTE DE MATA 3				
A7	0,90	23,37	59,69	0,51
A8	0,83	32,81	61,48	0,48
A9	0,98	31,13	60,51	0,45

\*Legenda: A = Amostra.

As áreas com remanescente de mata apresentaram: i) densidade do solo (densidade global) variando de 0,75 a 1,35 g/cm<sup>3</sup>, ii) umidade volumétrica entre 19,43 e 36,50 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>, iii) porosidade total de 42,73 a 65,29 % e iv) volume de saturação de água de 0,43 a 0,54 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>. Os dados indicam alta porosidade e alta capacidade de saturação de água; mas baixa umidade do solo.

Os resultados obtidos para os parâmetros densidade global, umidade volumétrica, porosidade total e volume de saturação do solo para as áreas de pastagem e de plantio de mudas para a recomposição vegetal são apresentados na Tabela 2.

A área de pastagem apresentou os seguintes resultados: i) densidade do solo variando de 0,96 a 1,04 g/cm<sup>3</sup>, ii) umidade volumétrica entre 42,90 e 56,24 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>, iii) porosidade total de 51,65 a 56,19 % e iv) volume de saturação de água de 0,38 a 0,44 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>. Os dados indicam alta porosidade, boa capacidade de saturação de água e alta umidade do solo.

**Tabela 2.** Resultados de análise das amostras de solo em áreas de pastagem com gramíneas e plantio de espécies arbóreas

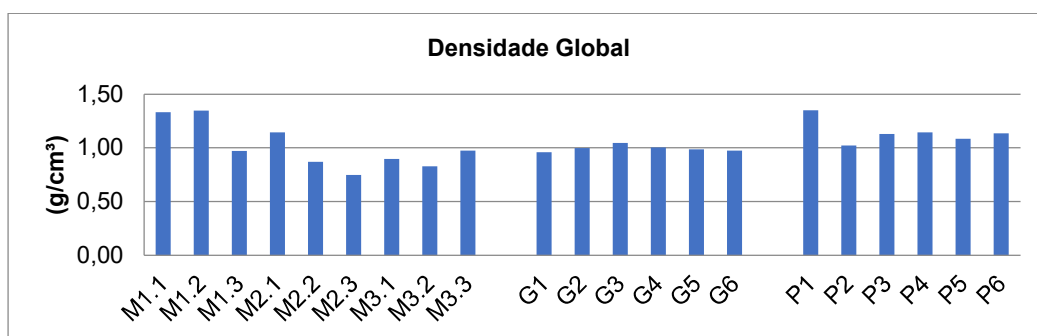
	Densidade Global (g/cm <sup>3</sup> )	Umidade Volumétrica (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	Porosidade Total	Volume de Saturação (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )
ÁREA DE PASTAGEM COM GRAMÍNEAS				
A1	0,96	42,90	55,00	0,40
A2	1,00	43,42	54,15	0,39

A3	1,04	44,93	51,99	0,40
A4	1,00	51,68	56,19	0,41
A5	0,98	50,53	51,65	0,38
A6	0,97	56,24	53,15	0,44
ÁREA DE PLANTIO DE ESPÉCIES ARBÓREAS				
A1	1,35	37,73	36,54	0,40
A2	1,02	35,21	51,93	0,42
A3	1,13	38,58	48,03	0,38
A4	1,15	31,33	46,18	0,40
A5	1,09	36,89	40,24	0,41
A6	1,14	28,58	40,62	0,40

\*Legenda: A = amostra

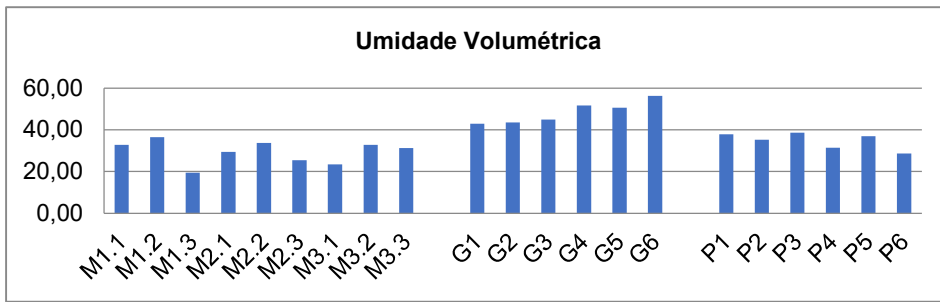
A área de plantio de espécies vegetais para fins de recomposição florestal apresentou valores de: i) densidade do solo variando de 1,02 a 1,35 g/cm<sup>3</sup>, ii) umidade volumétrica entre 28,58 e 38,58 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>, iii) porosidade total de 40,24 a 51,93 % e iv) volume de saturação de água de 0,38 a 0,42 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>. Os dados indicam boa porosidade e boa capacidade de saturação de água.

A comparação dos parâmetros de qualidade do solo analisados nas áreas de remanescente de mata, área de pastagem com gramíneas e área de plantio de espécies vegetais é apresentada nas figuras 3 a 6 para densidade do solo (densidade global), umidade volumétrica, porosidade total e volume de saturação de água, respectivamente.

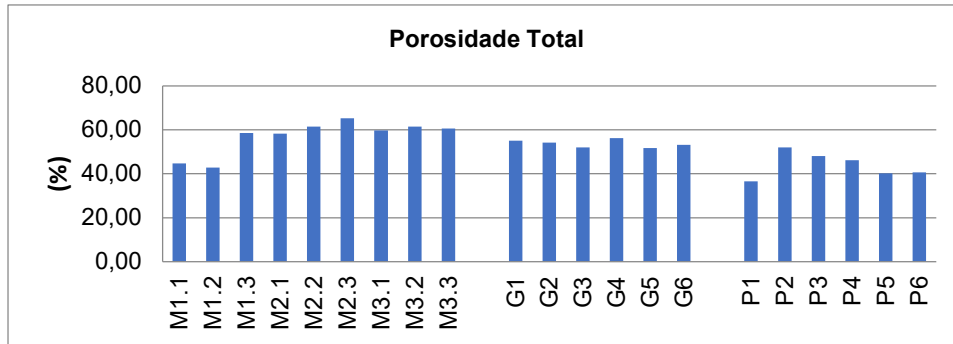


**Figura 3.** Gráfico de densidade global em área de remanescente de mata, área de pastagem com gramíneas e área de plantio de espécies vegetais. \*Legenda: M= mata; G = Pastagem com gramíneas; P = Plantio de mudas

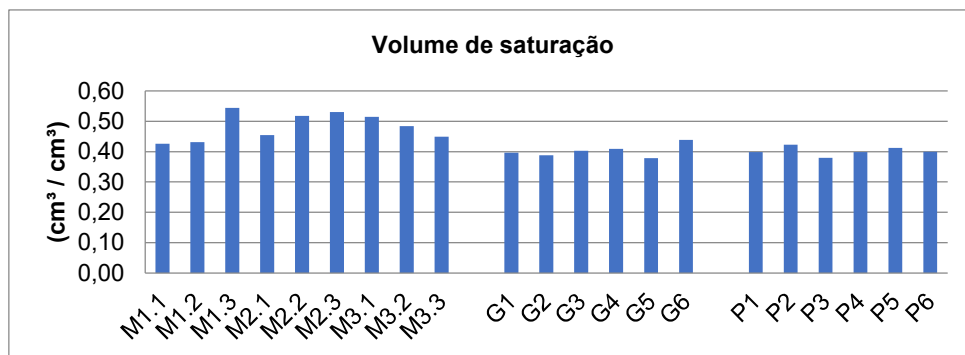
Mediante a análise dos resultados encontrados, obteve-se a densidade global com média de 1,01 g/cm<sup>3</sup> para as áreas de remanescente de mata, 0,99 g/cm<sup>3</sup> para a área de pastagem com gramíneas e 1,14 g/cm<sup>3</sup> para área de plantio de espécies vegetais. As médias indicam valores semelhantes entre as áreas de mata e de gramíneas, e uma maior densidade nas áreas de plantio para recomposição florestal. Os altos teores de matéria orgânica presente em áreas de mata e a grande cobertura de raízes nas áreas de pastagem favoreceram a agregação do solo, aumentando a porosidade e reduzindo a densidade. Observa-se a igualdade dos valores obtidos na amostra 3 dos fragmentos de mata 1 e 3 em relação à área de pastagem com gramíneas nos pontos G5 e G6. Essa similaridade nos valores de densidade indica que a qualidade do solo nestes pontos da pastagem é similar à qualidade do solo em pontos de mata, o que pode indicar que a pastagem nessas áreas foi conduzida de forma mais adequada, sem sobrepastoreio do gado, reduzindo a compactação e, portanto, não aumentando a densidade em comparação com áreas de mata.



**Figura 4.** Gráfico de umidade volumétrica em área de remanescente de mata, área de pastagem com gramíneas e área de plantio de espécies vegetais. \*Legenda: M= mata; G = Pastagem com gramíneas; P = Plantio de mudas.



**Figura 5.** Gráfico de porosidade total em área de remanescente de mata, área de pastagem com gramíneas e área de plantio de espécies vegetais. \*Legenda: M= mata; G = Pastagem com gramíneas; P = Plantio de mudas



**Figura 6.** Gráfico de volume de saturação em área de remanescente de mata, área de pastagem com gramíneas e área de plantio de espécies vegetais. \*Legenda: M= mata; G = Pastagem com gramíneas; P = Plantio de mudas.

Os valores contradizem os resultados de Jakelaitis et al. (2008), que identificaram um aumento significativo da densidade global quando a vegetação natural foi substituída por culturas e pastagens. Os autores observaram valores em solo de mata, menos denso, de 0,89 g/cm<sup>3</sup>, e densidade global de 1,26 g/cm<sup>3</sup> no solo manejado por vários anos consecutivos com pastagem.

Entretanto, Bicalho (2011) encontrou menores valores de densidade em solo de mata, mas não diferindo significativamente dos sistemas de manejo com pastagem. Com relação à umidade volumétrica a média foi de 29,38m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> em área de mata, 48,28 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> na área de pastagem com gramíneas e 34,72 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> na área de plantio de mudas. Os menores valores nas áreas de mata estão relacionados à declividade, uma vez que os fragmentos remanescentes estão localizados nas porções de declividades elevadas e se prolongam em trechos íngremes da vertente; enquanto a área de pastagem e área de plantio de mudas localizam-se no trecho de relevo plano. A maior umidade na área de gramínea reforça a indicação da influência da declividade sobre o escoamento da água e retenção de umidade no solo.

Em relação à porosidade total, obteve-se média de 56,95% em área de remanescente de mata,

53,69% em área de pastagem com gramíneas e 43,92% na área de plantio de espécies arbóreas. Embora as áreas de mata tenham apresentado valores maiores de porosidade total, este parâmetro apresenta bom desempenho tanto na área de gramínea quanto na área de recomposição vegetal.

Jakelaitis et al. (2008) encontraram valores de porosidade total abaixo de 50% para solo manejado exclusivamente com pastagem e valores de 65% para solo de mata. Mello (2002) e Spera et al. (2009) concluíram que a compactação ocasionada pelo pisoteio do gado em área de pastagem reduziu a porosidade total, entretanto, em níveis que não causaram a degradação do solo.

Em relação ao volume de saturação (quantidade máxima de água que pode reter o solo, ou seja, a razão entre o volume de água e o espaço poroso – Donagema et al. (2011), as áreas de mata apresentaram média de  $0,48 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ , em comparação à média de  $0,40 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$  para as áreas de pastagem e de plantio de espécies arbóreas. Os resultados indicam a maior capacidade de saturação nas áreas de mata, e valores similares nas demais áreas estudadas.

A partir dos resultados das análises é possível concluir que o solo nas áreas estudadas apresenta boa capacidade de infiltração e de saturação de água, podendo contribuir para a manutenção dos fluxos hídricos locais. Entretanto, ressalta-se a importância da recomposição vegetal arbórea como forma de aumentar a infiltração e a retenção de maiores volumes de água da chuva, permitindo a maior saturação de água no solo e a sua posterior liberação para os cursos d'água locais.

## CONCLUSÕES

Os dados indicaram uma qualidade do solo superior nas áreas de remanescentes de mata; exceto para a umidade, uma vez que tais áreas ocupam as porções mais íngremes da vertente, o que favorece o escoamento superficial. Os resultados para as áreas de pastagem e de recomposição florestal indicaram que não houve degradação significativa da qualidade do solo exercida pelo uso e ocupação da área, considerando a existência de pontos de qualidade do solo similares às áreas de mata.

Os parâmetros de qualidade do solo indicaram que as áreas analisadas apresentam boa capacidade de infiltração e de saturação de água, o que indica a capacidade do solo de exercer suas funções relacionadas à manutenção dos processos hidrológicos de infiltração, armazenamento e disponibilidade de água na área. Entretanto, ressalta-se a importância da manutenção do processo de recomposição florestal iniciado na microbacia, que é fator determinante para aumentar a retenção e a infiltração de água no solo, contribuindo para a recuperação da vazão e a manutenção dos fluxos hídricos locais.

## REFERÊNCIAS

BICALHO, I. M.. Um estudo da densidade do solo em diferentes sistemas de uso e manejo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.7, n.12, p.1-9, 2011.

BRASIL. **Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012**. Institui o novo Código Florestal Brasileiro. Brasília: DOU, 2012.

CLIMATEMPO. **Dados climatológicos do município de São Gonçalo do Rio Abaixo**. São Paulo, 2020.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M.. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.

DOOR, J. V. N.. **Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil**. Washington: USGS, 1969.



DORAN, J. W.; PARKIN, T. B.. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A.. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: ASA/SSSA, 1994. p.3-21.

EAMUS, D., OGRADY, A. P.; HUTLEY, L.. Dry season conditions determine wet season water use in the wet-dry tropical savannas of northern Australia. **Tree Physiology**, Victoria, v.20, n.18, p.1219-1226, 2020.

FONSECA, B. M.; BEZERRA, D. P.; AUGUSTIN, C. H. R. R.. Mapeamento de unidades geomorfológicas na borda nordeste do Quadrilátero Ferrífero – MG. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 9. **Anais**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2012.

GREGORY, S. V.; SWANSON, F. J.; MCKEE, W. A.; CUMMINS, K. W.. An ecosystem perspective of riparian zones. **BioScience**, v.41, n.8, p.540-551, 1992.

HUTLEY, L. B.; O'GRADY, A. P.; EAMUS, D.. Monsoonal influences on evapotranspiration of savanna vegetation of northern Australia. **Oecologia**, v.126, n.3, p.434-443, 2001.

IBGE. **Censo Agropecuário 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A.; SANTOS, J. B.. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.38, n.2, p.118-127, 2008.

LLERENA, C.; HERMOZA; R. M.; LLERENA, L. M.. Plantaciones forestales, agua y gestion de cuencas. **Debate Agrario: analisis y alternativas**, v.1, n.42, p.79-110, 2007.

MELLO, N. A.. Degradação física dos solos sob integração lavoura pecuária. In: ENCONTRO DE INTEGRACAO LAVOURA PECUARIA NO SUL DO BRASIL, 3. **Anais**. Pato Branco: CEFET,

2002.

PAULA, M. R.; BENEDETTI, A. C. P.; PEREIRA, W.. Influência do Uso e Cobertura da Terra Aliado à Precipitação Pluviométrica na Qualidade da Água da Bacia Hidrográfica do Rio Ingaí – RS/Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v.32, n.1, p.143-152, 2016. DOI: <https://doi.org/10.11606/rdg.v32i0.119330>

SILVA, R. M.; SANTOS, C. A. G.; SILVA, V. C. L.; MEDEIROS, I. C.; MOREIRA, M.; CORTE, J. R.. Efeitos de cenários de uso do solo na vazão e produção de sedimentos na bacia do Rio Cobres, Portugal. **Geociências**, São Paulo, v.35, n.4, p.609-622, 2016.

SMA. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. **Cadernos da Mata Ciliar**. Preservação e recuperação das nascentes de água e vida. São Paulo: DOE, 2009.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O.. Integração lavoura e pecuária e os atributos físicos de solo manejado sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.1, p.129-136, 2009. DOI: [10.1590/S0100-06832009000100014](https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000100014)

TAVEIRA, C. O.; VIEIRA, E. M.. **Mapa de uso e ocupação do solo da Microbacia Chapada no município de São Gonçalo do Rio Abaixo, MG. Relatório Técnico**. Itabira: UNIFEI, 2019.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G.. **Manual de métodos de análise de solo**. 3 ed. Brasília: Embrapa, 2017.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T.. Impacto das Mudanças da Cobertura Vegetal no Escoamento: Revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.2 n.1, p.135-152, 1997.

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.

Todas as obras (artigos) publicadas serão tokenizadas, ou seja, terão um NFT equivalente armazenado e comercializado livremente na rede OpenSea ([https://opensea.io/HUB\\_CBPC](https://opensea.io/HUB_CBPC)), onde a CBPC irá operacionalizar a transferência dos direitos materiais das publicações para os próprios autores ou quaisquer interessados em adquiri-los e fazer o uso que lhe for de interesse.



Os direitos comerciais deste artigo podem ser adquiridos pelos autores ou quaisquer interessados através da aquisição, para posterior comercialização ou guarda, do NFT (Non-Fungible Token) equivalente através do seguinte link na OpenSea (Ethereum).

*The commercial rights of this article can be acquired by the authors or any interested parties through the acquisition, for later commercialization or storage, of the equivalent NFT (Non-Fungible Token) through the following link on OpenSea (Ethereum).*



<https://opensea.io/assets/ethereum/0x495f947276749ce646f68ac8c248420045cb7b5e/44951876800440915849902480545070078646674086961356520679561157977026638905345/>