

Produção de água com a aplicação de práticas mecânicas e vegetativas de conservação do solo e água em área de pastagem degradada

Water production with the application of mechanical practices of soil and water conservation in degraded pasture area

Producción de agua con la aplicación de prácticas mecánicas y vegetativas de conservación de suelo y agua en área de pasto degradada

Recebido: 05/05/2020 | Revisado: 07/05/2020 | Aceito: 12/05/2020 | Publicado: 21/05/2020

Luiz Fernando da Rocha Penna

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0456-9299>

Instituto Federal de Minas Gerais, campus Governador Valadares, Brasil

E-mail: luiz.penna@ifmg.edu.br

Flávio José de Assis Barony

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8363-396X>

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, campus Timóteo, Brasil

E-mail: flaviobarony@cefetmg.br

Diego Dantas Amorim

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1398-2843>

Instituto Federal de Minas Gerais, campus Governador Valadares, Brasil

E-mail: Diego.Dantas@ifmg.edu.br

Jeusi dos Santos Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4172-4112>

Instituto Federal de Minas Gerais, campus Governador Valadares, Brasil

E-mail: jeusi_souzamk@outlook.com

Leonardo Moura de Oliveira Júnior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8688-4438>

Instituto Federal de Minas Gerais, campus Governador Valadares, Brasil

E-mail: leonardomouratga@gmail.com

Gilson Silva Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1717-1864>

Instituto Federal de Minas Gerais, campus Governador Valadares, Brasil

Resumo

O presente estudo teve por objetivo conter o solo erodido e água do escoamento superficial proveniente da área de encosta dentro do Instituto Federal Minas Gerais, *campus* Governador Valadares. A área total da encosta é de aproximadamente 43125 m², que para fins operacionais foram divididas em cinco áreas (denominadas 1 a 5). A intervenção deu-se nas áreas 1 a 4, totalizando 29675 m². Os resultados a partir da intervenção nos 4 pontos de exutório, sendo especificamente três novas barraginhas e limpeza de outras duas existentes, além da instalação de 18 paliçadas, complementarmente com o plantio de 742 mudas de capim vetiver em pontos críticos da bacia, onde o solo estava exposto, culminou com a capacidade de 265 m³ de armazenamento de água pelas barraginhas. No período de setembro de 2018 a abril de 2019 registrou-se precipitação de 853,9 mm e estima-se que aproximadamente 70% do volume escoado ficou retido pelas barraginhas, além de conter 20 m³ de sedimentos as paliçadas possibilitaram a retenção de cerca de 10,9 m³ de sedimentos. A sobrevivência das mudas de capim vetiver foi de 50%. O custo total do projeto, exceto mão de obra, de R\$ 4.645,80, considera-se que tais intervenções foram exitosas para produção de água e mitigar o aporte de sedimentos nos canais de drenagem localizados à jusante da área de intervenção.

Palavras-chave: Barraginhas; Infiltração de água; Legislação ambiental; Paliçadas; Voçoroca.

Abstract

The present study aimed to contain the eroded soil and runoff water proved superficially in the hillside area within the Governador Valadares campus of the Federal Institute of Minas Gerais. In a total area of approximately 43.125 m², which for financial operations divided into five areas. The results from the intervention at the 4 export points, the same being three new dam sand cleaning of two other existing ones, in addition to the installation of 18 palisades; in addition, the planting of 742 vetiver grass seedlings at critical points in the basin, where the soil was exposed and culminated in a 265 m³ water storage capacity in the barraginhas. In the period from September 2018 to April 2019, there was 853.9 mm of rain and it is estimated that approximately 70% of this volume remained retained by the barraginhas. Approximately 20 m³ of sediment were also retained in the barraginhas. Approximately 50% of the vetiver grass seedlings survived. The total cost of the project, except labor, was R\$ 4,645.80,

considering the successful values for water production and mitigation or sediment input in the drainage channels that use the downstream of the intervention area.

Keywords: Dams; Water infiltration; Environmental; Legislation; Palisades; Gully.

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo contener el suelo erosionado y el agua de escorrentía del área de la ladera dentro del campus Governador Valadares, del Instituto Federal de Minas Gerais. El área total de la pendiente es de aproximadamente 43.125 m², que para fines operativos se dividieron en cinco áreas (nombradas de 1 a 5). La intervención se realizó en las áreas 1 a 4, totalizando 29.675 m². Los resultados de la intervención en los 4 puntos externos, siendo específicamente três nuevas barraginhas y limpieza de otras dos existentes, además de la instalación de 18 empalizadas; complementariamente con la plantación de 742 plántulas de pasto vetiver en puntos críticos de la cuenca, donde el suelo estaba expuesto, culminó con la capacidad de 265 m³ de almacenamiento de agua por parte de las barraginhas. En el período comprendido entre septiembre de 2018 y abril de 2019, hubo una precipitación de 853,9 mm de lluvia y se estima que aproximadamente el 70% Del volumen de escorrentía fue retenido por las barraginhas, además de contener 20 m³ de sedimento. Las empalizadas, por otro lado, hicieron posible retener al rededor de 10.9 m³ de sedimentos también fueron retenidos en empalizadas. La supervivencia de las plántulas de pasto vetiver fue de 50%. Como el costo total del proyecto, a excepción de la mano de obra, fue de R \$ 4.645,80, se considera que tales intervenciones tuvieron éxito en la producción de agua y en la mitigación de la entrada de sedimentos en los canales de drenaje ubicados aguas abajo de la área de intervención.

Palabras clave: Barraginhas; Infiltración de agua; legislación ambiental; Palisades; Cárcavas.

1. Introdução

Os processos erosivos são processos naturais, ocasionados por agentes ativos, geralmente água e/ou vento, e estão associados a outros fatores como declividade do terreno, capacidade de absorção de água do solo e densidade da cobertura vegetal (Cunha et al., 2017; Frota Filho & Vieira, 2019). De modo geral, estes processos fazem parte da dinâmica terrestre de formação do solo e da formação do relevo, entretanto, quando estes são intensificados por efeito de ações antrópicas como, práticas agrícolas, urbanização não planejada, ou atividade agropecuária intensiva sem manejo, podem resultar em diversos danos, não só ambientais

como também econômicos, que afetam a qualidade de vida dos seres humanos (Julian, Nakata & Nunes, 2016).

A retirada da vegetação de uma determinada área, para desenvolvimento de qualquer atividade antrópica, deixa o solo exposto à erosão. De forma que, após longos períodos de chuva, principalmente intensa, pode acelerar o processo erosivo da área, formando sulcos, e caso este processo seja contínuo pode provocar o aprofundamento destes sulcos até que cheguem ao estágio de voçorocas. A voçoroca consiste na forma de erosão mais severa, e pode ser classificada de acordo com a sua profundidade e a área da bacia na qual está inserida (Guimarães et al., 2012).

De acordo com Nardin et al. (2010) existem inúmeras possibilidades para as medidas de prevenção e correção utilizadas na recuperação de processos erosivos, entretanto, em áreas com predisposição à formação de voçorocas, deve-se buscar por medidas que façam uso de técnicas de natureza mecânica, física e edáfica que promovam o aumento da infiltração da água e contribua para a retenção da mesma.

De modo geral, as estratégias de controle de erosão em áreas de voçorocas consistem em práticas mecânicas e vegetativas de baixo custo. Em relação ao controle de sedimentos, o plantio do capim Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), que é uma gramínea de origem indiana, foi recomendado pelo Banco Mundial já na década de 1980 e a partir daí teve sua utilização ampliada para uso em projetos de remediação de áreas contaminadas, estabilização de taludes e recuperação de áreas degradadas (Coelho & Pereira 2006). Ainda de acordo com os autores, quando plantadas em fileiras simples, as plantas de Vetiver formam uma cobertura funcionando como barreira, que retarda e espalha o escoamento superficial da água, reduzindo a erosão do solo, conservando sua umidade e sendo capaz de segurar os sedimentos.

Em Minas Gerais, o Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) do Estado classifica 87% da área territorial de Governador Valadares de acordo com a sua “vulnerabilidade do solo à erosão” como alta ou média, correspondendo aos percentuais de 56% e 31%, respectivamente (Zeemg, 2015). Neste contexto degradante do solo, identificou-se uma encosta inserida dentro de uma área que também apresenta processos erosivos e de degradação do solo, no caso, dentro da área do próprio Instituto Federal de Minas Gerais – campus Governador Valadares.

Desta forma, o presente trabalho tem por objetivo geral possibilitar a produção de água e retenção de sedimentos por meio de barraginhas e paliçadas (técnicas mecânicas de conservação do solo e água); E como objetivos específicos têm-se: a) compilar os dados pluviométricos dos últimos 10 anos; b) estimar a retenção de sedimentos nas paliçadas e

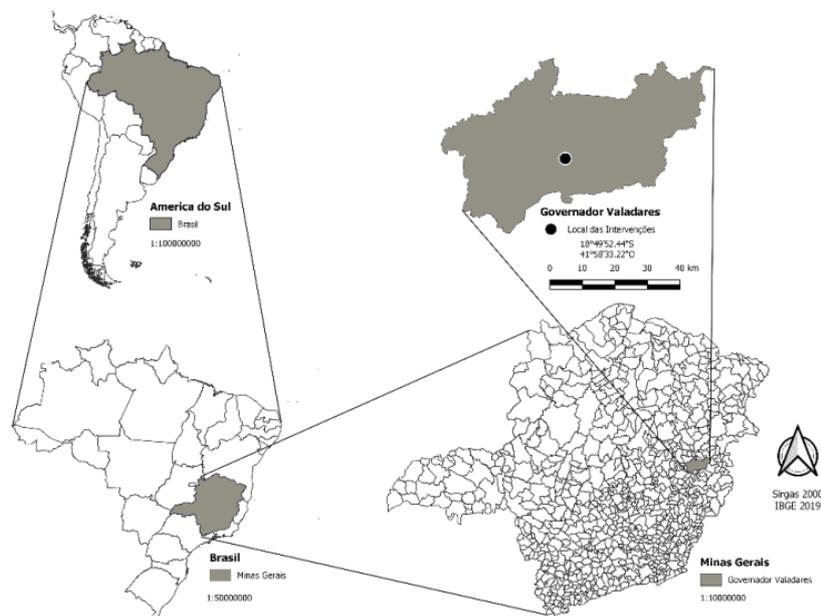
barraginhas; c) realizar o plantio de capim vetiver em pontos específicos; d) propor legislação específica para a conservação do solo e da água, a partir de fundamentação científica.

2. Metodologia

Pesquisas são necessárias e importantes para trazer novos conhecimentos à sociedade como preconizam Pereira et al. (2018). Quando a pesquisa é realizada em campo, as condições são mais difíceis que aquelas realizadas em laboratório uma vez que nestes as condições podem ser controladas enquanto naqueles as condições e variáveis na maioria das vezes não são controláveis.

A área do estudo está localizada no município de Governador Valadares - Minas Gerais a qual faz parte do Instituto Federal de Minas Gerais – IFMG *campus* Governador Valadares, sob às coordenadas geográficas 18°49'52.44"S, 41°58'33.21"O, datum SIRGAS 2000 (Figura 1).

Figura 1. Mapa de Localização da área de estudo.



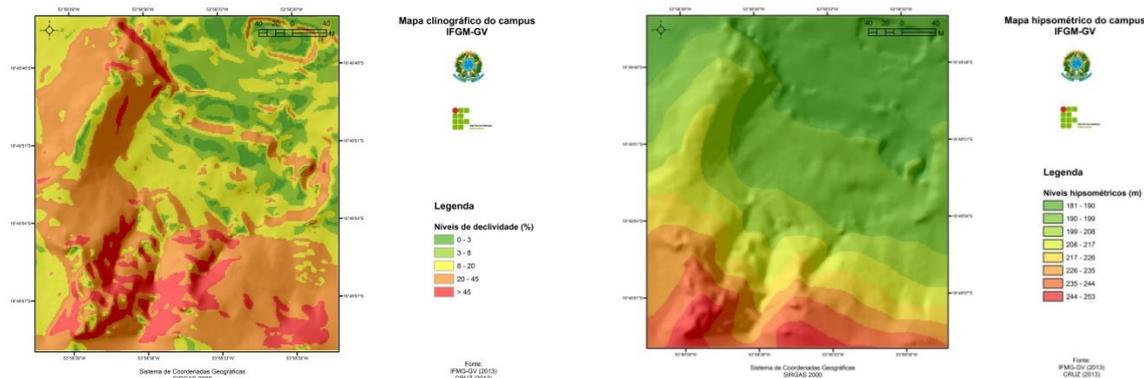
Fonte: IBGE, 2018.

Este por sua vez está construído em um terreno de relevo irregular, com encostas de morro em processo de degradação, visto que a cobertura vegetal deu lugar às: pastagens que hoje se encontram degradadas, deixando o solo vulnerável à ação de agentes erosivos e

intempéries. A área total do terreno do *campus* é de 125.334,35 m² (IFMG/GV, 2017; Guimarães et al., 2015). A área da encosta, alvo do presente estudo, tem aproximadamente 43.125 m² (Google Earth, 2017). As áreas adjacentes ao IFMG/GV também apresentam pastagens degradadas e/ou loteamentos.

O mapa Clinográfico do terreno (Figura 2) indica a existência de duas regiões de maior declividade.

Figura 2. Mapa Clinográfico (à esquerda) e Hipsométrico (à direita) do *campus* IFMG/GV.



Fonte: Adaptado de Guimarães, et al. (2015)

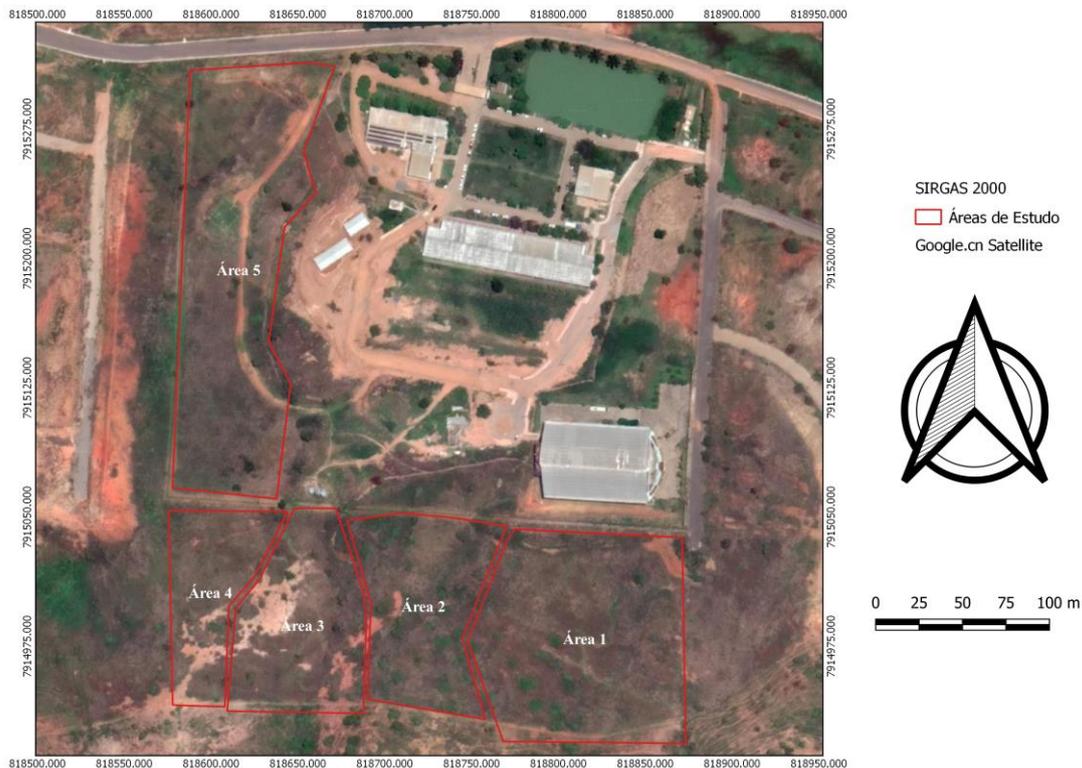
Uma localizada na porção oeste, cuja declividade varia entre 20 e 45% em local de altitudes que vão de 181 a 217 m. E, a outra, localizada na porção norte, com altitudes que variam de 208 a 253 m e cuja declividade ora varia entre 20 e 45%, ora é superior a 45% de acordo com o que pode ser observado na Figura 2, com os respectivos mapas Clinográfico e Hipsométrico.

Os dados pluviométricos foram obtidos via site do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2019) a partir da Estação Meteorológica Automática, localizada dentro do *campus*. Os dados do INMET são atualizados a cada hora do dia e foi tabulada a precipitação compreendendo o período de janeiro/2008 a abril/2019. Todos os dados foram armazenados em planilhas no Microsoft Office Excel, bem como observações sobre intensidades de chuva, períodos de estiagem, entre outros.

A área da encosta apresenta 5 pontos de exutório, os quais foram denominados como pontos “1”, “2”, “3”, “4” e “5”, sendo que no ponto “5” não foi adotada nenhuma medida de recuperação, por se tratar de uma área com menor degradação quando comparada com as áreas 1 a 4. Nas demais áreas foram empregadas as barraginhas em conjunto com as paliçadas, além do plantio do capim vetiver. As áreas 1, 2, 3 e 4, apresentam 29.675 m² e, a

área 5 tem 13.450 m². As cinco áreas foram delimitadas em função do exutório principal de cada uma delas e estão representadas na Figura 3. Utilizou-se o Google Earth para delinear as regiões da encosta.

Figura 3. Delimitação das cinco regiões que compõem a área da encosta.



Fonte: Adaptado do Google Earth® (2017)

Uma localizada na porção oeste, cuja declividade varia entre 20 e 45% em local de altitudes que vão de 181 a 217 m. E, a outra, localizada na porção norte, com altitudes que variam de 208 a 253 m e cuja declividade ora varia entre 20 e 45%, ora é superior a 45% de acordo com o que pode ser observado na figura 2, com os respectivos mapas Clinográfico e Hipsométrico.

Para cálculos de escoamento superficial foi utilizado o “método racional”, sendo o resultado obtido em m³/s (Bertoni & Neto, 2014; Pruski, 2009). O uso deste método está relacionado às características da bacia, como precipitação com duração igual ao tempo de concentração (típica de bacias pequenas) e único coeficiente de escoamento (CN) para toda a bacia. O valor do coeficiente de escoamento adotado foi de 0,42, característico para pastagens com declividade de 10 a 30%. A intensidade máxima de chuva em mm/h registrada nos últimos 8 anos foi de 43 mm/h e a área total da encosta é de 43.125 m². Assim, o valor estimado da enxurrada foi de 0,19 m³/s.

Todavia, para implementação de barraginhas faz-se necessária a adoção de outros métodos para se chegar ao dimensionamento destas. Assim, o Método do Número da Curva, inicialmente desenvolvido pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (Pruski, 2009), apresenta o escoamento em mm, e o seu resultado é utilizado em outras equações de dimensionamento. Assim, o valor do escoamento superficial em mm da área total da encosta é 16,2 mm.

Com aplicação dos dados, tem-se o volume total de água escoada das áreas de interesse. Os cálculos foram desmembrados para cada uma das quatro áreas sob intervenção, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Dimensionamento calculado e real para as barraginhas no ponto de exutório das 4 áreas.

Área	Tamanho (m ²)	Volume Calculado (m ³)	Volume realizado (m ³)
1	11.426	185,10	40
2	5.856	94,86	50 (já existente) + 35 (nova)= 85
3	8.042	130,28	50 (já existente) + 50 (nova)= 100
4	4.351	70,48	40 (já existente)
TOTAL	29.675	480,72	265

Fonte: Os Autores, (2018).

Apesar dos aspectos quanto aos cálculos de dimensionamento, algumas características das áreas limitaram a construção das barraginhas. Na área 1 o fluxo é difuso, sem linha de drenagem relevante e exutório nítidos, assim, optou-se pelo terraço (50 m de extensão, com 0,70 m de profundidade e 1,00 m largura) direcionando o escoamento superficial interceptado para uma barraginha. Nas áreas 2, 3 e 4 já existia uma barraginha em cada, porém estavam 80% comprometidas por acúmulo de sedimentos ao longo dos últimos cinco anos. As novas barraginhas para as áreas 2 e 3 apresentaram limitações devido a topografia da área, por isso a capacidade reduzida em relação ao valor calculado. A máquina utilizada foi a Escavadeira Cartepillar Modelo DL320.

Já na área 4, foi totalmente inviável a construção de mais uma barraginha (também devido a topografia e voçoroca existente). Embora tenha se logrado êxito desta prática nos últimos anos, ainda não há uma metodologia concreta para o adequado dimensionamento das barraginhas, todavia há cálculos consolidados (Pruski, 2009). Em linhas gerais, as barraginhas foram dimensionadas com 1,5 m de profundidade no ponto da “crista” e a partir de 3 m de

comprimento iniciou-se a diminuição gradual em formato de rampa até atingir 10 m de comprimento. A largura foi variável, entre 5 m e 7 m, a depender da topografia do local.

A cinco metros da entrada de cada barraginha, foi instalada uma paliçada para reduzir a velocidade do escoamento, com a função de dissipar a energia do escoamento superficial e evitar danos à estrutura das mesmas. Já ao longo das linhas de drenagem das áreas 1 e 4, foram instaladas paliçadas em série, com até 30 m de distância entre elas, construídas com varas de eucalipto e com alturas variáveis (0,40 m a 1,00 m). Foram construídas 18 paliçadas, sendo que a área 1, 3 e 4 receberam cinco paliçadas cada e a área 2 recebeu três paliçadas. As paliçadas foram construídas após o nivelamento do terreno e corte na parede lateral da voçoroca, quando pertinente, de forma a permitir o perfeito encaixe das estacas sobrepostas (estacas horizontais). A altura foi variável em função das características do terreno (0,40 a 1,00 m), e as estacas de sustentação foram fixadas com 50 cm de profundidade. As estacas de eucalipto “cru”, utilizadas, são de diâmetro 6-8 cm. Os detalhes construtivos foram parametrizados a partir de Pires e Souza (2013); Chaves et al., (2012); Queiroz et al., (2013); Filizola et al., (2011) & Wadt (2003). A verificação: do acúmulo de sedimentos nas barraginhas e paliçadas foi no final do período de monitoramento (abril/2019). Foram observados os aspectos construtivos das paliçadas (conservação, retenção ou não de sedimentos e medição) com uso de ferramentas como cavadeira e trena para medir o sedimento retido (em cm), assim como realizado por Nardin et al. (2010). Foi estimado a quantidade de sedimentos retidos em m³. Todas as intervenções mecânicas foram realizadas no período de estiagem, entre agosto e setembro de 2018.

O plantio das mudas de capim Vetiver e o espaçamento adotado foi o discutido por Martins (2007). Foram plantadas apenas 742 mudas nas áreas de solo revolvido pela escavadeira e na área da encosta com solo exposto entre a área 3 e área 4, buscando reduzir o impacto direto das gotas das chuvas, de forma a minimizar o escoamento superficial e arraste de sedimentos, como proposto por Coelho & Pereira (2006) e Chaves (2013). O plantio ocorreu no mês de dezembro, durante o período chuvoso. O espaçamento utilizado para o plantio foi de 1,00 x 0,45 m.

Por fim, observou-se que há uma lacuna na legislação brasileira e que seja específica para conservação dos solos, fato este já observado por Bertoni & Neto (2014), os quais mencionam o seu trabalho da década de 70, quando chegaram a propor um projeto de lei para o Estado de São Paulo. Tais autores mencionam que a tratativa para esta política pública nos Estados Unidos da América é muito mais remota.

3. Resultados e Discussão

A Tabela 2 demonstra os dados de chuva da última década no município de Governador Valadares até o mês de abril de 2019, obtidos através do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2019).

O índice pluviométrico para o período de setembro/2018 a abril/2019 foi de 853,9 mm (intervalo de tempo deste trabalho), com chuvas intensas no mês de dezembro (volume total de chuva para o mês é o 3º maior nos últimos 10 anos), bem como o ano de 2018 é o 2º com maior quantidade de precipitação para os últimos 10 anos, de forma que tal oscilação e concentração de chuvas em períodos curtos necessitam de práticas que culminem em melhor aproveitamento hídrico (produção de água).

Em relação ao comportamento pluviométrico do ano de 2018 (Tabela 2), observa-se que o mês de dezembro apresentou o maior volume de chuva do ano, 366 mm, sendo o terceiro mais chuvoso dos últimos 10 anos, após um período de aproximadamente seis meses de estiagem, com volumes abaixo dos 50 mm por mês. Todos estes dados são de extrema relevância para compreender o comportamento da microbacia estudada e das estruturas de controle inseridas. Por outro lado, a precipitação no mês de janeiro de 2019, também foi atípica, sendo somente 2,1 mm durante todo o mês, fazendo com que fosse o janeiro mais seco dos últimos 11 anos. A Estação Automática do INMET no município de Timóteo, a 120 Km de Governador Valadares, indicou 3,4 mm de chuva para o mesmo mês, o que rechaça a indicação de eventual falha na leitura da Estação de Governador Valadares.

Tabela 2. Pluviosidade (mm) em Governador Valadares de 2008 a abril de 2019.

Mês	Ano												Total
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Jan	197,6	328,6	4,2	114,6	147,8	261,2	25,4	*	353,2	68,0	127,0	2,1	1629,6
Fev	162,4	66,0	55,6	22,0	10,6	53,0	18,8	*	10,2	67,0	242,6	159,6	867,8
Mar	74,4	235,2	214,0	282,0	39,4	41,0	61,4	*	84,8	38,0	157,0	66,6	1227,2
Abr	57,6	61,6	37,4	55,2	2,8	26,6	64,0	5,0	98,4	4,0	44,4	28,0	457,0
Mai	0,0	4,4	49,6	2,2	1,0	39,0	18,2	106,0	30,0	23,0	29,2	--	302,6
Jun	0,0	105,8	3,4	22,2	1,2	30,2	6,0	9,0	13,4	4,0	6,8	--	202,0
Jul	0,0	1,6	8,2	9,6	3,0	6,0	18,8	5,6	1,8	17,0	0,6	--	72,2
Ago	0,0	22,8	5,2	0,0	28,4	28,2	18,0	4,2	1,4	0,0	9,8	--	118,0
Set	0,4	8,6	47,2	1,0	21,4	13,8	16,6	0,4	37,6	20,0	13,4	--	180,4
Out	0,0	332,6	51,6	171,2	47,4	98,0	52,4	3,0	41,4	10,0	93,8	--	901,4
Nov	85,2	75,8	120,0	197,8	347,6	54,2	0,0	170,0	349,0	280,0	124,4	--	1804,0
Dez	220,4	132,6	403,4	251,8	64,4	556,0	171,8	25,2	156,0	174,0	366,0	--	2521,6
Total	798,0	1375,6	999,8	1129,6	715,0	1207,2	471,4	328,4	1177,2	705,0	1215,0	256,3	

*Houve falha técnica na Estação do INMET. Fonte: Os Autores, (2019).

É possível notar que o ano de 2018 não foi um ano atípico no que diz respeito às chuvas, apesar de ter apresentado o quase o dobro do volume de chuva do ano anterior. É importante ressaltar que, via de regra, a região possui períodos de chuva e de estiagem bem definidos, sendo o período chuvoso nos meses de novembro a março e o período de estiagem ocorre nos meses abril a outubro. Estudos de período de retorno e eventos extremos de chuvas são fundamentais para fins de compreensão do comportamento hídrico (Back et al., 2018), ainda mais em áreas sob intervenção de práticas mecânicas.

Retenção de Sedimentos nas Paliçadas

O acesso até as paliçadas foi possível somente após a elaboração de trilhas com a Roçadeira, pois houve a regeneração natural do capim colônio (*Panicum maximum Jacq.*). Assim, *in loco*, foi mensurado o valor de acúmulo de sedimento em cada uma das 18 paliçadas das respectivas “áreas” (Tabela 3). As paliçadas foram enumeradas de jusante para montante em cada área.

Tabela 3. Características e comportamento das paliçadas que foram instaladas na área 1.

Área / Paliçada	Largura	Altura	ASR	ESR	
	(m)	(cm)		(m ³)	
1	1	3	55	30	1,0
	2	3	40	15	0,3
	3	3	60	10	0,2
	4	3	60	10	0,2
	5	3	80	80	2,0
2	1	3	30	15	0,5
	2	3	80	*	-
	3	3	60	*	-
3	1	6	90	80	2
	2	3	90	*	-
	3	3	80	*	-
	4	3	60	50	1
	5	3	80	10	0,2
4	1	3	80	20	1
	2	9	45	20	2,5
	3	3	60	*	-
	4	3	80	*	-
	5	3	80	*	-

Fonte: Autores, abril 2019. ASR: Altura de Sedimentos Retidos; ESR: Estimativa de Sedimentos Retidos; *Manutenção.

Observou-se que as paliçadas instaladas na área 1, que é a maior área estudada, o resultado foi satisfatório, apesar da drenagem dessa área ser difusa, ou seja, tem três ou mais canais preferenciais de escoamento superficial em toda a área (Tabela 3). As características e comportamento das paliçadas localizadas na área 3 também estão descritas na tabela 3.

O destaque em acúmulo de sedimentos pode ser observado nas paliçadas 1 e 5, ou seja, a que foi instalada mais a jusante e a que foi instalada mais a montante retiveram maior quantidade de sedimento, e inclusive promoveram o crescimento do capim colônio na área do solo retido. Já outras sete paliçadas, apresentaram falha devido escoamento sob as estacas (Figura 4). Uma forma de contornar tal viés é o uso de sacos de rafia, como adotado no trabalho de Nardin et al., (2010), mas que no presente trabalho foi adotado apenas na fase de correção ao final do período de acompanhamento.

A paliçada que foi construída mais a jusante da área 1 e que está localizada entre duas barraginhas (Figura 4), reteve em quase toda a sua extensão 55 cm de sedimentos.

Figura 4. Paliçada com contenção de solo e com desenvolvimento da vegetação sobre o sedimento (à esquerda) e paliçada com perda de sedimento devido falha construtiva na parte basal (à direita).



Fonte: Autores (2019).

Esse sedimento, em parte, foi da movimentação de terra para construção das barraginhas, que apesar do plantio do capim vetiver visando estabilizar o solo revolvido, não apresentou o resultado esperado, pois não cresceram em tempo hábil (antes do período intenso das chuvas). Outra parte dos sedimentos foi carregada da parte alta dessa área (montante), devido ao processo erosivo acentuado com as chuvas do período. A paliçada mais a montante dessa área reteve 80 cm de sedimentos. Vale ressaltar que houve incêndio nos dias que antecederam à intervenção mecânica (Figura 3) na área da encosta e com isto o solo ficou

totalmente exposto, o que promoveu ainda mais o arraste de sedimentos com as primeiras chuvas mais intensas no mês de outubro de 2018.

A área 4 é a menor área estudada e a linha de drenagem principal é bem definida a partir da metade da área. Por esse motivo a água tem a facilidade maior de escavar por baixo das paliçadas construídas, fato que ocorreu com as paliçadas mais a montante dessa área. Por outro lado, as paliçadas localizadas à jusante acumularam 3,5 m³ de sedimentos.

No aspecto geral, as paliçadas acumularam 10,9 m³ de sedimentos, sendo que houve a necessidade de manutenção em sete delas.

Retenção de sedimentos e água nas barraginhas

Dentro do período de monitoramento da área (setembro de 2018 a abril de 2019), o volume precipitado que incidiu sobre a área da encosta gerou 28.335 m³ de chuva, os quais subtraídas as frações de interceptação (infiltração ao longo da bacia e evapotranspiração), gerou o escoamento superficial. Do volume que escoou até as barraginhas, houve armazenamento durante todo o período de acompanhamento, exceto para os eventos sucessivos de precipitação da última semana de dezembro/2018, em especial, do dia 30/12/2018, pois choveu mais de 80 mm em 3 horas (366 mm no mês), volume este atípico na região e sem registros nos últimos 10 anos. Assim, como não houve intervalo de tempo suficiente entre os eventos de precipitação e infiltração da água nas barraginhas, culminou com o extravasamento destas nas “áreas” 1 e 3, além do conseqüente rompimento da barraginha da “área” 1, a qual foi submetida à manutenção nos dias seguintes. Apesar destes eventos pontuais, as equações empregadas indicam que as barraginhas conseguiram armazenar em torno de 70% do escoamento superficial ao longo do período de acompanhamento. Aragão et al. (2019a) recomenda a manutenção regular das barraginhas a cada cinco anos, com base no acompanhamento da dimensão do raio e profundidade, justamente para manter a capacidade de armazenamento ao longo do tempo.

As barraginhas devem ser distribuídas na propriedade nas áreas de pastagens e lavouras onde ocorrem enxurradas, evitando erosão, assoreamento de cursos d’água à jusante e ainda amenizando as enchentes.

Quanto mais rápida a infiltração, maior a eficiência (Pires e Souza, 2013). Estes eventos pontuais com alta precipitação são os principais responsáveis por perda de solo e erosão, pois de acordo com Bertoni & Pestana (1964), Young & Wiersma (1973), citados por Lima (1988), é de pleno conhecimento que a “maior parte das perdas anuais de solo por

erosão seja produzida por uma ou por apenas algumas chuvas isoladas, o que facilita o controle da erosão sob diferentes condições de solo”.

Sobre a capacidade real de água armazenada nas barraginhas (265 m³, ante 480,72 m³ do valor calculado), destaca-se que o valor real foi inferior ao calculado em função da topografia do terreno, que conforme Pires & Souza (2013) não deve ter barraginhas em áreas com grotas em “v”, com declividade superior a 12% e presença de voçorocas, o que condiz com a topografia da área de intervenção (Figura 2).

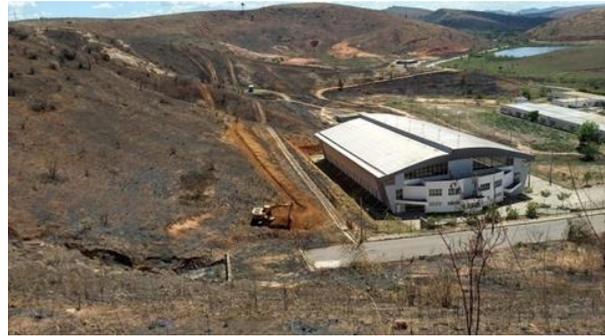
Especificamente para a Área 1, a diferença entre o valor real e calculado deu-se por dois fatores: a) escoamento difuso ao longo da encosta; b) área da encosta à montante da obra do Ginásio do *campus* (Figura 3), o que inviabilizava interferências estruturais. Assim, optou-se por terraço seguido de barraginha ao final deste. Ademais, a sobrecarga nas barraginhas pode ter sido influenciada pelo maior escoamento superficial, haja vista que toda a área da encosta passou por incêndio em meados de setembro/2018, e o coeficiente de escoamento empregado para fins de dimensionamento foi para cobertura do solo com pastagens (presença da vegetação, principalmente capim colônia e espécies arbóreas esparsas que estavam presentes).

Pacheco et al. (2017) estudou a alteração do valor de CN ao longo do tempo em um *campus* universitário. Aragão et al. (2019b) e Pacheco et al. (2015) destacam que os critérios ambientais para alocação de barraginhas são complexos e não podem ser considerados isoladamente. Infere-se que a adoção de dados mais conservadores para bacias mais susceptíveis pode minimizar vieses de projeto, dada a complexidade e variabilidade de fatores ambientais.

Na área 2 foi construída uma barraginha e na outra já existente não foi necessária efetuar a limpeza. Por ser a menor microbacia em estudo, se comportou muito bem ao longo de todo o período chuvoso, não ocorrendo extravasamento.

Na área 3 foi construída uma barraginha e realizada a limpeza de uma já existente, que se comportaram conforme o esperado, exceto para o evento de precipitação do dia 30/12/2018, o que também levou ao extravasamento. A figura 5 apresenta as barraginhas das Áreas 1 e 3.

Figura 5. À esquerda barragem construída da Área 3 e à direita terraço e barragem na extremidade da Área 1 (escoamento difuso).



Fonte: Autores (2018).

Além do volume de água retido pelas barragens, estas vieram a reter 20m³ de sedimentos, cumprindo assim com a outra finalidade desta intervenção mecânica de conservação dos solos e água. No caso de barragens em série, como na Área 3, é nítida a diferença de turbidez entre as barragens (figura 6). Esse fato é compreensível, uma vez que a barragem da esquerda está a montante da barragem da direita e ainda existe uma paliçada entre as duas, portanto, os sedimentos ficam grande parte retida na barragem mais à montante. Quanto maior for a turbidez da água, maior é a indicação de erosão, degradação e empobrecimento dos nutrientes do solo (Barros & Ribeiro, 2009). Houve certa imprecisão do volume de água e sedimento em todas as barragens porque a vara de tubo indicada por Paula & Pruski (2007) não apresentou o efeito esperado.

Figura 6. Diferença nítida de turbidez com barragens em série.



Fonte: Autores (2018).

Observou-se ao longo do período de acompanhamento que a barragem demandava até 20 dias entre o último evento de precipitação, quando estava com capacidade próxima do limite, até o momento de promover toda a infiltração (Figura 7). Embora tenha sido exitosa

quanto a produção de água (desconsiderando as perdas por evapotranspiração), a lenta infiltração provocou um efeito colateral, que foi o de não comportar eventos de precipitação sucessivos, ainda mais quanto intensos, como foi o caso do dia 30/12/2018.

Figuras 7. Barraginha com água acumulada (à esquerda) e o final da infiltração após 20 dias (à direita).



Fonte: Autores, novembro 2018

Após o período de chuvas (abril/2019), a vegetação cresceu dentro da barraginha e impediu a mensuração real do sedimento retido, o que comprova que essas estruturas realmente mantém a umidade do solo, possibilitando o estabelecimento de espécies vegetais mesmo em um período de estiagem prolongado. De acordo com Barros & Ribeiro (2009), as barraginhas também permite o cultivo de lavouras isoladas em uma propriedade no entorno delas, pois há tendência de maior umidade do solo.

Os números exitosos quanto ao potencial de produção de água por meio das técnicas de barraginhas são demonstrados também por diversos outros trabalhos. Porém, como mencionado, além da capacidade de armazenamento, o tempo de infiltração do volume retido é de suma importância, justamente para não comprometer o acúmulo de água proveniente de chuvas posteriores. Carvalho (2017) demonstrou diferença de 3,5 vezes na capacidade de infiltração em solo adjacente ao da barraginha. Em seu trabalho de mestrado concluiu que se faz necessária a manutenção recorrente da barraginha. Ademais, ausência de práticas conservacionistas associadas à altas declividades e solos compactados por pastagem, configura a clássica situação de menor capacidade de infiltração e maior escoamento superficial, o que aumenta as perdas de solo em situação de chuvas intensas (Flach et al., 2020).

Embora tenha se logrado êxito desta prática nos últimos anos, ainda não há uma metodologia concreta para o adequado dimensionamento e configuração geométrica das barraginhas, todavia há cálculos consolidados (Pruski, 2009).

Plantio e desenvolvimento do capim vetiver

O plantio foi feito no dia 05 de dezembro, já em período chuvoso. Além do plantio na terra revolvida pela escavadeira na região da crista das barraginhas, foi escolhida uma área erodida e com solo exposto ao longo dos últimos anos, no caso, localizada na parte superior da área 3, com aproximadamente 200 m².

Devido às altas temperaturas registradas e poucos eventos de chuvas do mês de janeiro de 2019 (apenas 2,1 mm em todo o mês, que também é atípico para a região e sem recorrência nos últimos 10 anos), a sobrevivência foi de aproximadamente 50% das mudas (verificação após 120 dias da data de plantio), muito provavelmente devido à escassez de nutrientes e umidade nos pontos que foram plantados. No solo da área 3 onde deu-se o plantio do capim vetiver, numa faixa com aproximadamente 200 m², nos últimos 6 anos não houve crescimento de nenhum tipo de vegetação, nem mesmo no período de chuva, e infere-se que este solo já foi gravemente afetado pelo processo erosivo ao longo dos anos. Apesar do resultado baixo para sobrevivência, ainda assim há possibilidade de produção de novas mudas a partir das que sobreviveram. Vieira et al. (2018), utilizaram o vetiver em área degradada no Estado do Rio Grande do Sul, sob cuidados especiais desde o transporte, como o umedecimento das raízes agrupadas em folha de jornal e adubação com esterco ao longo do tempo também após o plantio.

Proposta de legislação

O presente projeto de pesquisa culminou na elaboração de uma minuta de projeto de lei, que eventualmente será encaminhada para órgãos interessados. Tal proposta foi fundamentada a partir dos critérios técnicos estabelecidos para fins de dimensionamento, bem como de baixo custo, de forma a favorecer a execução em áreas/propriedades rurais, dentro das respectivas realidades. É notória a falta de legislação brasileira dedicada exclusivamente à preservação dos solos, e como parte-se da premissa que sem solo, não há produção de água, a minuta em questão visa suscitar esta discussão, sem, entretanto, esgotar o assunto. Como já relatado, Bertoni & Neto (2014) há inexistência de leis específicas para proteção ao solo no

país. Os autores ainda mencionam a utilização de fazendas com projetos-piloto desta natureza nos EUA, ainda em meados da segunda metade do século passado, e atualmente conta com mais de 5.000.000 de fazendas dentro da política de conservação do solo. Ainda no Brasil, há normas que visam mais enfaticamente o uso de barraginhas, mas não dentro de todo o contexto e fatores ambientais que permeiam a definição da técnica a ser empregada para a recuperação do solo (MG, 2009; MG, 2013, PMBM, 2016 & ANA, 2018).

Por fim, todos os recursos financeiros empregados foram com vistas ao menor custo possível, justamente para demonstrar a viabilidade de execução destas intervenções pelos proprietários de áreas particulares e que não estarão sujeitos à aporte de recursos públicos. O investimento para realizar todas as intervenções deste projeto foi de R\$4.645,80, exceto mão-de-obra, que foi a partir da disponibilidade dos trabalhadores terceirizados do *campus*. O serviço de escavadeira contratado foi de 7 h (R\$ 1.750,00) e a mão-de-obra hora/homem foi de 120 h, aproximadamente.

4. Considerações Finais

Com investimento de R\$ 4.645,80 (exceto mão-de-obra) em uma área de 43.125 m² constatou-se que as técnicas mecânicas (preponderantemente) contribuíram com a produção (infiltração, desconsiderando evaporação) de aproximadamente 70% da água escoada pela área da encosta do *campus* durante o intervalo de monitoramento.

Em relação aos dados pluviométricos, percebem-se grandes oscilações ao longo dos anos, o que ratifica a necessidade de técnicas que promovam a infiltração/produção da água, sobretudo, para garantir a produtividade do solo e perenidade de cursos d'água em ano hidrológico desfavorável.

As barraginhas e paliçadas contribuíram com a retenção de 20 m³ e 10,9 m³ de sedimentos, respectivamente. Vale ressaltar a necessidade de manutenção destas estruturas ao longo dos anos.

Áreas susceptíveis às queimadas podem ocasionar sobrecarga das mesmas em função de solos desnudos durante o período de chuvas mais intensas, e assim, recomenda-se a adoção de constantes matemáticas mais conservadoras para fins de dimensionamento. Além de reter o escoamento superficial, é função precípua das barraginhas e paliçadas apresentarem os aspectos construtivos com segurança operacional, de forma a extravasar eventual volume acima de sua capacidade e sem causar danos à sua estrutura ou efeitos deletérios à jusante.

A sobrevivência do capim Vetiver foi de 50%, mas é um tipo de vegetação muito indicada para preservação dos solos em áreas degradadas.

Foi proposta uma minuta de projeto de lei com vistas a preservação do solo vinculada à produção de água, haja vista a carência de legislação e políticas públicas com ênfase nesta abordagem.

Agradecimentos

Ao IFMG pelo apoio e financiamento para a execução do projeto, via edital de Pesquisa Aplicada n.º98/2017. Aos trabalhadores terceirizados do *campus* pelo apoio operacional.

Referências

Agência Nacional de Águas. (2018) Anexo B: *Diretrizes Para o Programa Produtor de Água*. Acesso em: 13 abril, 2020 de <https://www.ana.gov.br/todos-os-documentos-do-portal/documentos-sip/produtor-de-agua/documentos-relacionados/anexo-b-diretrizes-projetos-produtores-agua-contrato-ana-x-caixa>

Aragão, VR, Brito, AF, Souza, ACS, Versiani Jr, ER. (2019a). Avaliação do funcionamento de barraginhas em solos de textura média e

Arenosa. *Revista Internacional de Ciências*, 9, (2), 115-126. Acesso em 03 de abril, 2020 de <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/ric/article/view/40585/30380>

Aragão, VR, Souza, ACS, Paoliello, T, Silva, TG, Lima, FA. (2019b). Identificação de Áreas Aptas a Barraginhas na Bacia do Rio São Lamberto. *Revista Holos Environment*, 19 (2), 304-319. Acesso em 03 abril, 2020 de <https://cea-unesp.org.br/holos/article/view/12328/8248>

Barros, LC, Ribeiro, PEA (2009). *Barraginhas água de chuva para todos*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Milho e Sorgo. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. Série: ABC da agricultura familiar.

Back, ÁJ, Pola, AC, Ladwig, NI, Schwalm, H. (2018). Erosive rainfall in the Rio do Peixe Valley: Part III - Risk of extreme events. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e*

Ambiental, 22 (1), 63-68. 2018. Acesso em 03 Abril, 2020, de
http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662018000100063&script=sci_abstract&tIng=pt

Bertoni, J, Neto, FL. (2014). *Conservação do solo* (9.ed.). São Paulo: Editora Ícone.

Carvalho, HES. (2017). *Capacidade de Infiltração de "Barraginhas" em Dois Solos do Distrito Federal*. Dissertação De Mestrado Em Agronomia. Universidade De Brasília, Brasília, DF, Brasil. <https://core.ac.uk/download/pdf/129111850.pdf>

Chaves, TA. (2013). *Capim Vetiver: Produção de mudas e uso no controle da erosão e na recuperação de áreas degradadas*/Tiago de Andrade Chaves, Aluísio Granato de Andrade. Niterói: Programa Rio Rural, Manual Técnico (39), 16 p.

Chaves, TA, Andrade, AG, Lima, JAS, Portocarrero, H. (2012). *Recuperação de áreas degradadas por erosão no meio rural*. Manual Técnico n. 34.

PROGRAMA RIO RURAL. (2012). Secretaria de Estado de Agricultura e Pecuária. Niterói – RJ.

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/950896/1/Recuperacaoareasdegradadas2012.pdf>

Coelho, AT, Pereira, AR. (2006) *Efeitos da vegetação na estabilização de taludes e encostas*. *Deflor Bioengenharia*: Boletim Técnico. 22p. Acesso em 01 Março, 2020, de

[http://deflor.com.br/downloads/2-](http://deflor.com.br/downloads/2-EFEITO_DA_VEGETA%C3%87%C3%83O_NA_ESTABILIDADE_DE_TALUDES_E_EN)

[EFEITO_DA_VEGETA%C3%87%C3%83O_NA_ESTABILIDADE_DE_TALUDES_E_ENCOSTAS.pdf](http://deflor.com.br/downloads/2-EFEITO_DA_VEGETA%C3%87%C3%83O_NA_ESTABILIDADE_DE_TALUDES_E_ENCOSTAS.pdf).

Cunha, JM, Gaio, DC, Campos, MCC, Soares, MDR, Silva, DMP, Lima, AFL. (2017). Atributos físicos e estoque de carbono do solo em áreas de Terra Preta Arqueológica da Amazônia. *Revista Ambiente & Água*, 12 (2), 263-281. Acesso em 11 Novembro , 2017, de <http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v12n2/1980-993X-ambiagua-12-02-00263.pdf>

Filizola, HF, Almeida Filho, GS, Canil, K, Souza, MD, Gomes, MAF. (2011). *Controle dos Processos Erosivos Lineares (ravinas e voçorocas) em Áreas de Solos Arenosos*. Embrapa: Circular Técnica n°22. Embrapa Jaguariúna – SP.

Flach, CW Alves, EAC, Meurer, M. (2020). Taxa de infiltração da água e resistência mecânica à penetração em solos submetidos a diferentes usos na região da serra de sudeste/rs. *Revista Caminhos de Geografia*, 21 (73), 223-242, 2020. Acesso em 03 abril, 2020, de <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/48139/28326>

Frota Filho, AB, Vieira, AFSG. (2019). The Use of Phytomass in the Recovery of Degraded Soil - Vila Buriti / Manaus (Am). *Mercator*, 18 (18028). Acesso em 03 abril, 2020, de http://www.scielo.br/pdf/mercator/v18/en_1984-2201-mercator-18-e18028.pdf

Guimarães, JCC, Almeida, WF, Pais, PSM & Andrade, MLC. (2012). Abordagem de práticas conservacionistas na recuperação de voçorocas. *Enciclopédia Biosfera*, 8 (14), 977-989. <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2012a/ambientais/abordagem.pdf>

Guimarães, CF, Cunha, DM, Cruz, FM. (2015). *Proposta de recuperação ambiental de encosta localizada no Instituto Federal de Minas Gerais, campus governador valadares-IFMG/GV*. Anais... XV Encuentro de Geógrafos de América Latina. Havana: Cuba.

Instituto Nacional de Meteorologia. (2019). *Dados da Estação Automática de Governador Valadares*. <http://www.inmet.gov.br/porta1/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>

Julian, C, Nakata, AAM, Nunes, JOR. (2016) *Utilização de técnicas de bioengenharia para recuperação de focos erosivos em áreas degradadas por erosão hídrica no distrito de Amadeu Amaral, município de Marília – SP*. XIV ENEE Amb, II Fórum Latino e I SBEA - Centro-Oeste, Brasília-DF, p. 248-253.

Lima, WP. (1988) *Escoamento superficial, perdas de solo e de nutriente em microparcels reflorestadas com eucalipto em solos arenosos no município de São Simão, SP*. Esalq-usp,

Departamento de Ciências Florestais - Piracicaba – SP. IPEF, n. 38, p. 5-16. Acesso em 06 de novembro de 2017, de <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr38/cap01.pdf>

MG. (2009). *Dispõe sobre a política estadual de estímulo à construção de barragens para o desenvolvimento econômico do Norte e Nordeste de Minas Gerais. Lei nº 18.404*. Acesso em 13 de Abril, 2020, de <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=11090>

MG. (2013). *Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado – Código Florestal Mineiro. Lei nº 20.922*. Acesso em 13 de Abril, 2020, de <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=30375>

Nardin, CF, Silva, AH, Pereira Jr, RA, Rodrigues, SC. (2010). Uso de medida física para recuperação de áreas degradadas em ambiente de cerrado. Resultado para o uso de barreiras com material de baixo custo na recuperação de voçorocas. *Revista de Geografia*, 27 (2). Acesso em 31 de Março, 2019, de <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/228874/23285>

Pacheco, FF, Siqueira, RG, Prates, DHF, Servián, FCR, Moreira, GF. (2015). Procedimentos Adotados para o Estudo de Viabilidade de Construção de Pequenas Barragens para Captação de Águas Superficiais de Chuva. *Revista Científica Univiçosa*, 7 (1), 335-341. Acesso em 13 Abril de 2020, de <https://academico.univicoso.com.br/revista/index.php/RevistaSimpac/article/view/552/704>

Pacheco, SF, Rodrigues, RSS, Bittencourt, GM, Fernandes, LL, Crispim, DL. (2017). Evolução do Coeficiente de Escoamento Superficial do Campus de Ananindeua da Universidade Federal Do Pará. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, 9 (2), 229-239. Acesso 03 de Abril, 2020, de <https://revistas.apps.uepg.br/index.php/ret/article/view/11280/209209209731>

Pereira, AS, Shitsuka, DM, Parreira, FJ & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica. [e-book]*. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.

Pires, FR, Souza, CM. (2013). *Práticas mecânicas de conservação do solo e da água* (3.ed. Revisada). Viçosa: Editora UFV.

Prefeitura Municipal de Brasília de Minas. (2016). *Institui o Programa Municipal de Apoio à Segurança Hídrica Rural (PROHIDRO), e dispõe sobre a implantação, expansão e/ou ampliação de estruturas para armazenamento de água de chuva no Município de Brasília de Minas na forma de “barraginhas” e dá outras providências. LEI N° 1.970*. Acesso em 13 Abril, 2020, de <https://www.brasiliademinas.mg.gov.br/legislacao/leis/lei-no-1-970-de-28-de-junho-de-2016-institui-o-programa-municipal-de-apoio-a-seguranca-hidrica-rural-prohidro-e-dispoe-sobre-a-implantacao-expansao-eou-ampliacao-de-estruturas-para-armazenam/>

Pruski, FF. (2009). *Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica* (2.ed.). Viçosa: Editora UFV.

Queiroz, AP, Siqueira, JRR, Queiroz, JS, Machado, RL. (2014). Avaliação da recuperação de erosão em voçoroca no IF Goiano – campus Ceres com técnicas de baixo custo. I Simpósio de Pesquisa e Extensão de Ceres e Vale de São Patrício. Acesso 03 de Abril, 2020, de <https://www.anais.ueg.br/index.php/simpec/article/view/3666>

Vieira, CL, Goulart, AG, Silva, TM, Verdum, R. (2018). Emprego do capim vetiver para o controle da erosão e cobertura do solo nos areais do sudoeste do estado do RS, Brasil. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 1 (2), 338-351. Acesso em 13 Abril, 2020, de <http://www.brjd.com.br/index.php/BJAER/article/view/897/776>

Wadt, PGS. (2003) *Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa: Documento n. 90.

Wadt, PGS. (2015). *Zoneamento Ecológico Econômico do Estado de Minas Gerais*. Acesso em 16 Outubro, 2019, de www.zee.mg.gov.br

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Luiz Fernando da Rocha Penna – 35%

Flávio José de Assis Barony – 30%

Diego Dantas Amorim – 15%

Jeusi dos Santos Souza – 10%

Leonardo Moura de Oliveira Júnior – 5%

Gilson Silva Costa – 5%