

PROVIMENTO E REGULAÇÃO DO RECURSO HÍDRICO DE UMA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO

Amanda Aparecida da Silva¹, Daniela Rocha Teixeira Riondet-Costa², Benedito Cláudio da Silva

¹Bacharel em Engenharia Ambiental, Mestranda do Programa de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Lavras (UFLA) – amandaeam@hotmail.com. ²Doutora em Meio Ambiente pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro e Professora da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) – daniela.unifei@gmail.com. ³Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e Professor da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) – silvabenedito@unifei.edu.br

RESUMO: As Unidades de Conservação se apresentam hoje como a melhor possibilidade para a preservação da biodiversidade e dos ecossistemas como um todo. O objetivo desse trabalho é a influência da Reserva Biológica Municipal de Santa Rita (REBio) no provimento de vazão e regulamentação do ciclo hidrológico. Para tanto foi utilizado o Esquema de Balanço Vertical de Collischonn (2001) para determinar a produção de recurso hídrico da REBio, a criação de cenários de modificação do uso do solo de modo comparativo. A simulação evidenciou o potencial da REBio na produção e regulação de vazão dos reservatórios superficiais, sub superficiais e subterrâneos. Conclui-se que a REBio presta grandes serviços a sociedade, portanto sua preservação é essencial.

Palavras-chave: Unidade de Conservação; Recurso Hídrico; Serviço Ambiental;

WATER RESOURCES PRODUCTION: VALUATION OF ENVIRONMENTAL SERVICES PROVIDED BY A PROTECTED AREA

ABSTRACT: The Protected Areas present themselves today as the best possibility for biodiversity and ecosystems preservation, and the environmental services valuation present as a way to measure, in an economic view, the preservation of the Protected Areas. The objective of this work is to identify the economic value, based on water resources, of the Reserva Biológica Municipal de Santa Rita (REBio). To do so, the Collischonn method of Vertical Balance was used to calculate the production of water resources of the area, the creation of comparative soil use scenarios and the VERA methodology was used to estimate the valuation. The estimative of water resources production showed how the preservation effects the water flow in the superficial, sub surface and subterranean reservoirs, in economic value, the number was 3.3 million reais (BRL) per year and a cumulative value of 3.6 trillion reais (BRL), for a hundred years period. After all is concluded that the REBio render great services to society and for doing so its preservation is essential.

Key words: Protected Areas; Environmental Valuation; Water Resources; VERA.

1. INTRODUÇÃO

Todos os bens e serviços ambientais existentes são resultantes da diversidade ecossistêmica e o bem-estar da espécie humana, por sua vez, também depende desta diversidade. Os serviços ambientais prestados pelos ecossistemas contribuem para a qualidade de vida e permitem o desenvolvimento de atividades de sobrevivência e econômicas (MEDEIROS *et al.*, 2011).

A Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) identificou que, quanto maior a complexidade do ecossistema, maior é o potencial de fornecer serviços ambientais e ao se tratar de complexidade entende-se que as áreas destinadas a conservação possuem essas características (BRASIL, 2003). Logo as áreas protegidas possuem alto potencial de fornecimento de serviços ambientais para a sociedade, porém, segundo Geluda (2005) quase nunca recebem compensações financeiras por estes serviços prestados. As Unidades de Conservação (UCs) apresentam-se, nesse contexto, como uma estratégia de conservação dos ecossistemas e, conseqüentemente, de controle de território, estabelecendo limites e dinâmicas de uso e ocupação específicos (MEDEIROS, 2005). Possuem importância por contribuírem direta e indiretamente na economia, manterem grandes ciclos ambientais, pelo valor estético e justificativas éticas (MMA, 2011; ONU, 2000).

Ao cumprirem com o seu papel de preservação e conservação ambiental, todas as UCs acabam oferecendo benefícios à sociedade (LAURANCE *et al.*, 2012). Esses benefícios não se limitam aos contornos destas áreas, podendo aliviar a pobreza e auxiliar no desenvolvimento econômico das comunidades do entorno (NAUGHTON-TREVES; HOLLAND; BRANDON, 2005) e a manutenção e melhoria da qualidade do ar para a população (RIBEIRO, 2013). Como exemplo de benefícios gerados pelas UCs, um terço das 100 maiores cidades do mundo tem seu abastecimento de água potável advinda de UCs (SERICCHIO, 2003). Aqui no Brasil pode-se ter como exemplo o Parque Nacional do Itatiaia, onde a cidade de Itatiaia/RJ é abastecida pelo rio Campo Belo que tem sua nascente na parte alta deste parque (RIONDET-COSTA, 2012, p.99). O país Ruanda, por exemplo, tem sua maior fonte de recursos financeiros advindos do turismo nos parques nacionais (MAEKAWA *et al.*, 2013). Apesar dos inúmeros benefícios gerados pelas UCs, as mesmas ainda são alvos da atividade antrópica degradante, como a ocupação ilegal, conflito armado, entrada de animais exóticos, declínio no financiamento (WATSON *et al.*, 2014), e tais alterações perturbam a oferta de serviços ambientais.

Ante o exposto, este trabalho buscou responder a seguinte questão: Quanto a Reserva Biológica Municipal de Santa Rita, em Santa Rita do Sapucaí/MG provê e regula a vazão hidrológica?

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Caracterização da Área de Estudo

A Reserva Biológica Municipal de Santa Rita do Sapucaí – REBio, está inserida no bioma da Mata Atlântica, com área total de 306,3 hectares. Encontra-se na Serra de Santa Rita/MG, coordenadas S 22°11'44" e W 45°44'32", com altitudes que variam entre 950 e 1395 metros (APL, 2013). Dentro da REBio estão presentes sete nascentes, que alimentam o Ribeirão do Vintém o qual é afluente do Rio Sapucaí. Este é incorporado ao Rio Grande, que pertence a Bacia Hidrográfica do Rio Paraná (APL, 2013). A REBio apresenta vegetação no Domínio da Mata Atlântica, com a predominância de Floresta Ombrófila Densa e Campos Rupestre com Candeia conservados (APL, 2013) e com limites preservados, o que lhe confere grande valor ambiental, social e econômico.

O clima da REBio é classificado como *Cwb* (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007) denominado de clima mesotérmico, pois possui a temperatura média do ar nos 3 meses mais frios entre -3 °C e 18 °C e a temperatura média do mês mais quente > 10 °C, além de possuir as estações de verão e inverno bem definidas, com precipitação média de 1.351 mm.ano⁻¹ com períodos de seca de Maio a Agosto e o período de chuva de Setembro a Abril.

2.2. Procedimento metodológico

Os parâmetros climáticos, temperatura, vento, albedo e precipitação, foram coletados da estação meteorológica de São Lourenço (Estação 83736) do ano de 1998 até 2010 no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP). Foi escolhida tal estação por ser a mais próxima da área de estudo com série histórica completa e clima semelhante, utilizou-se também de informações de relevo, tipos de vegetação, contornos oficiais, nascentes e dados históricos, colhidas junto ao Poder Público Municipal e bibliografia. Foram colhidas informações sobre a constituição da UC.

Para a análise da produção de recurso hídrico da REBio empregou-se a metodologia definida por Collischonn (2001) denominada Esquema de Balanço Vertical de Collischonn (EBVC), a qual está contida no Modelo de Grandes Bacias (MGB).

O EBVC se divide em modelo de balanço hídrico da camada superior, evapotranspiração e os escoamentos (superficial, subsuperficial e subterrâneo). Para o trabalho considerou-se a vazão de água produzida na REBio através do EBVC, dividindo a mesma em 21 blocos distintos de acordo com o tipo de solo e cobertura vegetal. Todo o desenvolvimento do EBVC e análise dos resultados foram realizados no software Excel, através da inserção do banco de dados e das equações matemáticas que compõe o EBVC.

Para ser possível a criação de cenários e posterior valoração, foi necessário comprovar a utilização do EBVC para a REBio. Devido a inexistência de série histórica de vazão para os corpos hídricos da REBio, utilizou-se dados de vazão do rio Itaim (Estação 61370000) adquiridos no Hidroweb, um banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA). Analisou-se então o comportamento da vazão, igualando as áreas de drenagem e posteriormente procedeu-se aos ajustes dos parâmetros variáveis. Depois da realização dos ajustes e com o uso dos cenários de desmatamento, foi possível comparar o resultado da variação média anual de escoamento com a Equação 1 de Trimble (1987).

$$y = 3,26 \cdot x \pm 86 \quad (1)$$

onde, y é o escoamento resultante (mm/ano), x é a porcentagem da área desmatada e 86 é a margem de erro do autor.

A composição dos cenários foi, embasada nas Pressões para desfazer ou diminuir o tamanho ou o status de proteção de Unidades de Conservação (PADDD), configurando-se da seguinte maneira: a) Cenário Atual: 100 % de da área original; b) Cenário Alarmante: 80% da área original e 20% sem status de proteção ¹ c) Cenário Crítico: 100da área sem status de proteção ¹.

3. RESULTADOS, ANÁLISES E DISCUSSÕES

O primeiro resultado trata-se do ajuste do EBVC. Como mencionado na metodologia, o ajuste e a análise de confiabilidade do EBVC foram realizados com série histórica do rio Itaim que possui vazão e área de drenagem muito superior à da área estudada, sendo necessária equiparar as áreas de drenagem como fator de conversão. Com os comparativos (Figura 1), pode-se ratificar a escolha metodológica ante a congruência das curvas. A curva da REBio apresenta um comportamento mais rigoroso nos períodos de estiagem e picos de vazões maiores nas épocas de cheia, esse comportamento é justificado devido a diferença do tipo de solo e uso do solo da área de estudo e da área de drenagem do rio Itaim. Considera-se então, que o EBVC quando ajustado é possível de ser aplicado para uma área relativamente menor quando se considera apenas o fluxo vertical de água, logo sendo primordial o ajuste do modelo.

Quanto a análise da produção de recurso hídrico nos cenários, a produção de água da REBio se dá por três tipos: escoamento superficial, subsuperficial e subterrâneo. Na Figura 2, tem-se a porcentagem para cada parcela de escoamento na REBio nos três cenários analisados. Observa-se um aumento na porcentagem do escoamento superficial em detrimento ao escoamento subsuperficial e subterrâneo com a mudança do uso do solo. Tal fato já era esperado devido a mudança do IAF e da altura da vegetação, fazendo com que a velocidade de

escoamento não seja retardada e conseqüentemente não possibilitando a infiltração de água no solo.

Diversos estudos comprovam o aumento do escoamento superficial em cenários com PADD. Destaca-se Trimble (1987) que descreveu a variação da média de escoamento por ano pela Equação 1. Apesar do erro da equação ser relativamente alto quanto ao valor que se deseja determinar, quando os demais aspectos analisados do modelo são aceitáveis pode-se utilizá-la para se ter um indicativo da variação da média de escoamento com a mudança do uso de solo (Figura 3). Como pode ser observado, a curva de mudança de vazão da REBio apresentou comportamento similar ao proposto por Trimble (1987), com erro máximo na ordem de 32 mm/ano, bem distante do erro máximo de Trimble.

Com a análise da Figura 3, pode se afirmar que o desmatamento aumenta o escoamento médio superficial. No entanto, quando se analisa as vazões ao longo do tempo (Quadro 1) com base nas Q95, Q50 e Q5, que são as vazões presentes em 95% do tempo, 50% do tempo e 5% do tempo, respectivamente, tem-se que o incremento no escoamento superficial advém da prevalência de eventos extremos tanto de seca quanto de cheia. Os eventos extremos são decorrentes da não atenuação dos picos de vazão pelos reservatórios subsuperficiais e subterrâneos. Tal comportamento é extremamente prejudicial, já que anula o serviço de regularização das águas, fazendo com que não se possa contar com o uso dessa água para abastecimento contínuo da população e também para o uso da fauna da REBio. A presença de eventos extremos também é prejudicial com relação à segurança pública (cheias e deslizamentos). Como pode ser observado, em caso de desmatamento total da REBio, a mesma não poderia prover nenhuma quantidade de água para a vazão de referência de seca (Q95).

O armazenamento no solo (W) também é prejudicado, ou seja, a água disponível para atividades biológicas e manutenção da umidade do solo sofre grande perda. O armazenamento diminuiu 43,6% com o desmatamento 100%, essa água que agora não está mais disponível para as atividades biológicas do solo passa a ser evaporada ou então a compor o escoamento superficial. Outro ponto a se destacar é a redução de 52,4% do escoamento subterrâneo para 100% de desmatamento, essa é uma consequência não tão facilmente observada, já que depende da quantidade de água subterrânea utilizada e o fluxo da mesma na região. Porém poderia ser sentida pelos usuários com o rebaixamento do nível d'água em determinadas épocas do ano ou durante todo ano.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho procurou-se estimar a produção do recurso hídrico proveniente da Reserva Biológica de Santa Rita do Sapucaí e determinar através da modificação do uso e ocupação do solo a influência da mesma sobre a regulação do recurso.

Para o uso do Esquema de Balanço Vertical de Collischonn, foi preciso realizar a pesquisa bibliográfica dos parâmetros para a REBio e posterior ajuste do modelo. A não existência de série histórica de vazão para a REBio e dados climatológicos da cidade de Santa Rita do Sapucaí obrigou o uso de dados secundários, o que proporciona uma maior incerteza para o modelo. Porém com as análises feitas para a série de vazão do rio Itaim e registros jornalísticos de grandes vazões, pode-se observar uma alta correlação, comprovando o uso do modelo para a REBio.

A estimativa de produção dos recursos hídricos para os três cenários propostos comprovou um incremento na vazão média diária do escoamento superficial com a substituição de vegetação nativa por pastagem, porém evidenciou que há uma menor regularização do ciclo hidrológico ao longo do tempo, acarretando em vazões maiores para a Q5 e vazões menores para Q95. Tal fato é de grande importância já que mesmo esse recurso hídrico não sendo utilizado atualmente como fonte de abastecimento, pode vir a ser usado. A não regularização do escoamento também interfere no escoamento subterrâneo, que atualmente possui capacidade de abastecimento de residências em áreas rurais.

Em caso de estabelecimento do cenário crítico, as perdas relacionadas à vazão seriam consideravelmente grandes, tanto para o escoamento superficial quando para o escoamento subterrâneo, indicando o potencial de proteção da REBio no ciclo hidrológico.

Vale ressaltar a importância da geração de dados bases (climatológicos, de vazão, mapeamento de solos, de vegetação) para estudos desse assunto, recomenda-se então a instalação de um monitoramento de vazão, de qualidade de água e de variáveis climatológicas para a REBio.

Este trabalho não esgota o assunto, pois outros usos, como os usos múltiplos da água, a exemplo da irrigação, agricultura, pecuária, piscicultura, transporte de matéria orgânica, diluição de poluentes, geração de energia, potencial turístico e de esportes e atividades recreativas, podem ser valorados e complementar a avaliação da Unidade e sua contribuição para a economia e o desenvolvimento da região.

5. AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus professores, em especial a Dra. Daniela e o Dr. Benedito, mas a todos que me oferecerem a oportunidade de aprender e me desenvolver.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil) (ANA). **HidroWeb: sistemas de informações hidrológicas**. Disponível em:< <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>>. Acesso em: 06 jul. 2017.
- APL – MG- Programa de Apoio à Competitividade dos Arranjos Produtivos Locais de Minas Gerais, Ambiente Brasil Centro de Estudos, 2013, Plano de Manejo da Reserva Biológica e do Parque Ecológico Municipal Dr. Cyro de Luna Dias, Encarte I e II. 221p. e 205p.
- BRASIL. **Lei Federal Nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm>. Acesso em: 10 nov. 2016.
- COLLISCHONN, W. **Simulação Hidrológica de Grandes Bacias** (dissertação de mestrado). Universidade Federal Rio Grande do Sul, 2001.
- GELUDA, L.; YOUNG, C. E. F. Pagamentos Por Serviços Ecosistêmicos Previstos Na Lei Do Snuc: Teoria, Potencialidades E Relevância. **In:** III Simpósio de Áreas Protegidas, Universidade Federal de Viçosa, p. 572-579, maio. 2014. Disponível em: < http://www.ie.ufrj.br/images/gema/Gema_Artigos/2005/GeludaYoung_2005_psesnuc.pdf
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **BDMEP: Banco de dados de meteorológicos para ensino**. Brasil. Disponível em:<<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>>. Acesso em: 06 nov. 2018.
- LAURANCE, W. F. *et al.* Averting biodiversity collapse in tropical forest protected areas. **Nature**. v. 489, p. 290–294, 2012.
- MAEKAWA, M. *et al.* D. Mountain gorilla tourism generating wealth and peace in post-conflict Rwanda. **Nat. Resour.** v. 37, p. 127–137, 2013.
- MEDEIROS, R. Singularidades do sistema de áreas protegidas para a conservação e uso da biodiversidade brasileira. In: GARAY, I. & BECKER, B. (orgs.) **Dimensões Humanas da Biodiversidade**. Petrópolis: Editora Vozes, 2005.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Pagamentos por Serviços Ambientais na Mata Atlântica: Lições aprendidas e desafios**. 42 ed. Brasília. Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2011. Disponível em: < www.mma.gov.br/.../psa_na_mata_atlantica_licoes_aprendidas_e_desafios_202.pdf > Acesso em: 10 nov. 2018.
- NAUGHTON-TREVES, L.; HOLLAND, M. B.; BRANDON, K. The role of protected areas in conserving biodiversity and sustaining local livelihoods. **Annu. Rev. Environ. Resour.** v. 30, p. 219–252, 2005.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Declaração do Milênio Cimeira do Milênio Nova Iorque, 6-8 de Setembro de 2000**. New York. 2000. Disponível em: <https://www.unric.org/html/portug_uese/uninfo/DecdoMil.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2018.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. I.; MCMAHON, T. A. Update world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hidrol. Earth Syst. Sci.**, v. 11, p. 1633-1644, 2007.

RIBEIRO, M.F. **Análise Ambiental Aplicada à Definição de Zona de Amortecimento no Parque Estadual da Pedra Branca** (Município do Rio de Janeiro/RJ) com base em Geoprocessamento. Tese (Doutorado) –Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia, 2013.

RIONDET-COSTA, D. R. T. **Análise comparativa dos instrumentos de gestão em Unidades de Conservação visando a gestão participativa no Cone Sul**. Tese (Doutorado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente, 2012.

SERICCHIO, C. Case Study: Rio de Janeiro; in Dudley. In: DUDLEY, N.; STOLTON, S.; OWUSU, R. A. (Eds.). **Running pure: the importance of forest protected areas to drinking water**: a research report for the World Bank/WWF Alliance for Forest Conservation and Sustainable Use. I ed., Gland, Switzerland and Washington DC: WWF International, 2003. p. 112.

TRIMBLE S. W.; WEIRICH F.H.; HOAG B.L. Reforestation and reduction of water yield on the Southern Piedmont since circa 1940. **Water Resources Research**, 23(3), p. 425–437. 1987.

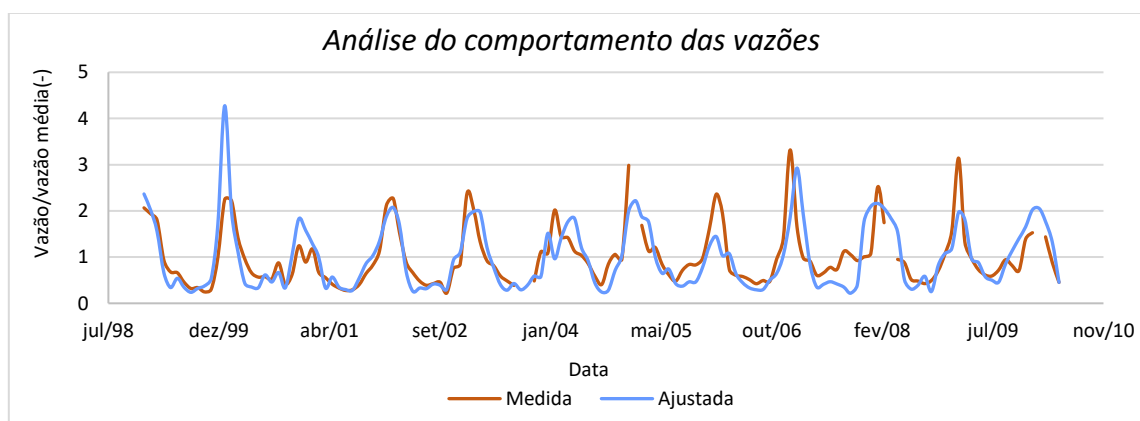


Figura 1 – Análise do comportamento das vazões simuladas da REBio e perante as vazões medidas do Rio Itaim. Analysis of the behavior of the REBio simulated flows and the measured flows of the Itaim River.

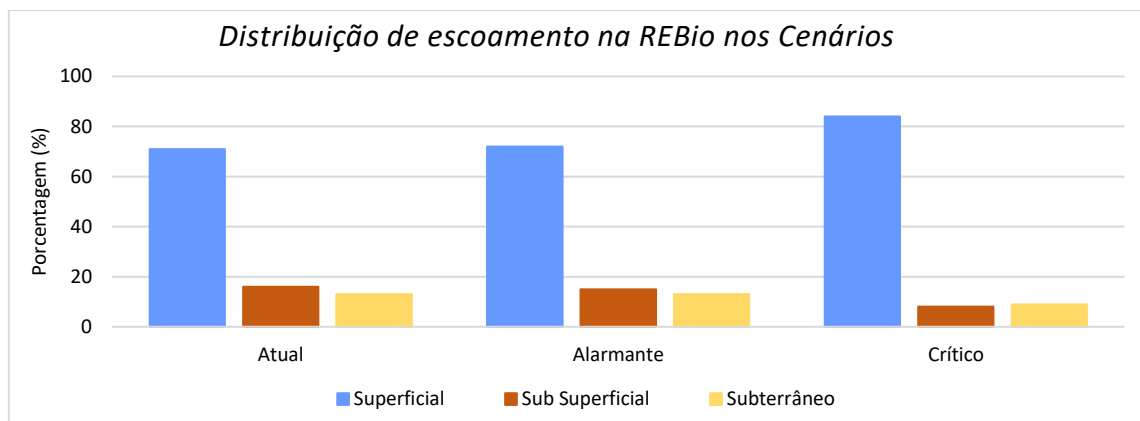


Figura 2 – Porcentagem de cada tipo de escoamento da REBio para os Cenários analisados. Percentage of each type of REBio flow for the Scenarios analyzed.

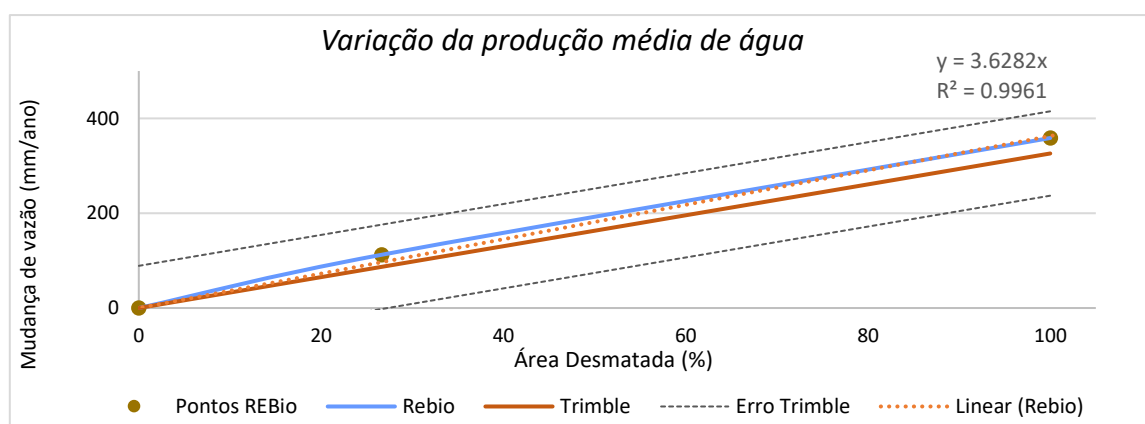


Figura 3 – Mudança da área desmatada versus produção média de água via comparativo REBio e Equação Trimble. Change of deforested area versus average water production via REBio and Trimble equation.

Quadro 1 – Análise dos parâmetros superficial, subterrânea, evapotranspiração e armazenamento do solo nos diversos cenários. Sendo Q95 a vazão presente em 95% do tempo; Q50 a vazão presente em 50% do tempo; Q5 a vazão presente em 5% do tempo; EVT média a evapotranspiração média diária; W média o armazenamento médio diário; Qsup a vazão superficial média; Qsub a vazão subterrânea média. Analysis of surface, underground, evapotranspiration and soil parameters in the various scenarios. If Q95 is the flow present in 95% of the time; Q50 the flow present in 50% of the time; Q5 the flow present in 5% of the time; EVT mean daily evapotranspiration; W average average daily storage; Qsup the average surface flow; Qsub the mean underground flow.

Variável	Q95 (l/s)	Q50 (l/s)	Q5 (l/s)	EVT média (l/dia)	W média (m³/dia)	Qsup (l/s)	Qsub (l/s)
Atual	9,92	44,40	158,84	7,64	142,12	62,91	0,034
Alarmante	4,90	40,83	169,73	10,00	121,79	63,21	0,028
Crítico	0	33,92	218,07	12,64	80,12	64,20	0,016