

# Avaliação socioambiental de pequenas centrais hidrelétricas: Uma proposta para o aprimoramento das avaliações vigentes no Brasil

## Socioenvironmental evaluation of small hydroelectric plants: A proposal for the improvement of the evaluation in force in Brazil

João Paulo ROMANELLI [1](#); Rogério Antônio PICOLI [2](#); Luiz Gustavo Martins da SILVA [3](#)

Recibido:26/08/16 • Aprobado: 22/09/2016

### Conteúdo

- [1. Introdução](#)
- [2. Material e métodos](#)
- [3. Resultados e discussão](#)
- [4. Conclusão](#)

[Referências bibliográficas](#)

#### RESUMO:

Esse estudo propõe um método de avaliação socioambiental que visa auxiliar o planejamento da instalação de novas Pequenas Centrais Hidrelétricas em Minas Gerais. O método utiliza informações do Zoneamento Ecológico e Econômico do Estado, processamento de dados em sistemas de informações geográficas e a técnica de suporte à decisão Analytic Hierarchy Process (AHP). A ponderação dos pesos obteve o valor de Razão de Consistência 0,0689 segundo o método AHP. Os resultados analisados nas regiões PN3 (Afluentes Mineiros do Baixo Paranaíba) e PS2 (Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé) apresentaram, respectivamente, 0,68% e 0,98% de restrições na classe "muito alta".

**Palavras chave:** Pequenas centrais hidrelétricas, avaliação socioambiental, análise hierárquica de processos, zoneamento ecológico e econômico de Minas Gerais

#### ABSTRACT:

This study proposes a method of socioenvironmental assessment to give support to planning installation of new Small Hydroelectric Plants in Minas Gerais State - Brazil. The method uses information from Ecological and Economic Zoning, data processing in geographical information systems and the technical of decision support Analytic Hierarchy Process. The weighting of the weights obtained the consistency ratio value 0.0689 according AHP method. The results analyzed in the regions PN3 (Lower Paranaíba tributaries) and PS2 (Tributaries of the Pomba and Muriaé Rivers) were, respectively, 0.68% and 0.98% of restrictions in the "very high" class.

**Keywords:** Small hydroelectric plants, environmental assessment, hierarchical process analysis, ecological and economic zoning of Minas Gerais.

## 1. Introdução

No Brasil, a maior parte da produção de energia elétrica é proveniente das fontes hidráulicas. Estas fontes de geração são responsáveis por 67,5% da capacidade instalada do país, e a sua importância advém do grande potencial hidrelétrico nacional, o qual representa uma opção estratégica para a expansão do parque de geração de energia (ANEEL, 2014; BEN, 2015). A energia hidrelétrica envolve

uma complexa relação com a integridade ambiental. Embora muitos ecologistas e ambientalistas não considerem as grandes usinas hidrelétricas como fontes de energia limpa, as pequenas centrais hidrelétricas podem ser consideradas uma possível solução para parte dos problemas advindos dos grandes empreendimentos hidrelétricos (KOSNIK, 2010; ABBASI e ABBASI, 2011). Nesse sentido, nos últimos anos, vem sendo dada uma maior atenção ao desenvolvimento e integração de projetos de pequenas centrais hidrelétricas em sistemas fluviais (NAUTIYAL *et al.*, 2011). A crença de que as PCH's são fontes de energia limpa, com poucos problemas ecológicos e efeitos ambientais aparentemente insignificantes, contribuem para o incitamento da sua rápida expansão (PANG *et al.*, 2015; FERREIRA *et al.*, 2016).

No entanto, existem divergências sobre esses argumentos. De acordo Premalatha *et al.* (2014) não é difícil notabilizar, à luz dos fundamentos da ecologia e hidrologia, os problemas ambientais causados por pequenas centrais hidrelétricas, os quais podem ser tão numerosos quanto aqueles associados às grandes centrais hidrelétricas. Os trabalhos elaborados por Zhang *et al.* (2014) e Pang *et al.* (2015), apontam para essa questão. Os autores discutem os impactos negativos e efeitos deletérios das PCH's sob uma análise diferenciada em escalas espaciais, considerando: os impactos ambientais no entorno da planta hidrelétrica e os impactos a sua jusante. Embora a geração hidrelétrica reúna importantes atributos do ponto de vista econômico, a sua expansão acelerada e sem uma avaliação adequada pode acarretar impactos ambientais e sociais significativos, que podem ser irreversíveis (WCD, 2000).

De acordo com Li *et al.* (2007), Pascale *et al.* (2011) e Zhang *et al.* (2014) e as alterações ambientais ocasionadas pela instalação de uma planta hidrelétrica estão associadas, em grande parte, às obras civis e à formação do reservatório. As atividades como: movimentações de solos e escavações das rochas, implantação dos componentes de obra-civil, formação do reservatório e instalação dos equipamentos técnicos, tendem a perturbar o status original do ecossistema. Os principais impactos ambientais decorrentes dessas atividades tendem a ser mais expressivos no entorno da planta hidrelétrica e estão associados aos processos erosivos do solo, à poluição ambiental, à deposição de sedimentos, à destruição de habitats terrestres e aquáticos, à inundação da vegetação, à diminuição da qualidade da água e da produtividade da terra, bem como à supressão de habitat humano (ZHANG *et al.*, 2014).

Já os impactos ambientais à jusante da planta hidrelétrica, segundo Mcmanamay *et al.* (2012) e Yüksel, (2010) são muito complexos de avaliação e estão diretamente associados às alterações hidrológicas. Como normalmente os projetos hidrelétricos desviam parte do fluxo do rio para possibilitar a geração de energia, essa redução do fluxo, associada às flutuações sazonais dos rios, afetam negativamente o habitat da flora e da fauna a jusante (ASAEDA e RASHID, 2012; GUO *et al.*, 2012). Segundo Pang *et al.* (2015), a degradação dos serviços ecossistêmicos a jusante, ocasionada pelas diminuições periódicas de fluxo dos rios, constituem a maior parte dos impactos induzidos pelo desenvolvimento desses empreendimentos. Portanto, a potencialidade e a fragilidade desse meio, frente às especificidades das obras, devem ser consideradas, já que podem ser gerados impactos irreversíveis sob a fauna e a flora, assim como nas comunidades locais (ANDRADE, 2006).

De acordo com Andrade *et al.* (2015) existe uma série de fatores que tornam o processo de licenciamento ambiental de empreendimentos hidrelétricos de grande porte pouco efetivo. Parte dessas limitações se repetem quando se analisa o processo de licenciamento de PCH's. Segundo os autores os principais problemas estão associados à baixa eficácia dos Estudos de Impacto Ambiental (EIA) realizados na fase de planejamento, à falta de parâmetros objetivos para a determinação da viabilidade ambiental do empreendimento, à limitação da análise de alternativas, à falta de integração do EIA e os demais instrumentos de gestão, à lentidão da informação apresentada e à participação pública limitada, além do fato de muitas decisões importantes já terem sido tomadas antes de serem iniciados os EIAs. Segundo Goodland (2005) o aspecto reativo característico de um EIA está relacionado diretamente com a demanda da análise de impacto ambiental para um projeto específico. O licenciamento ambiental e a avaliação de impacto ambiental são instrumentos que se limitam a subsidiar as decisões de aprovação de projetos de empreendimentos individuais e não as decisões políticas e estratégicas que originam esses projetos ou o seu processo de planejamento (MMA, 2002).

O processo de avaliação ambiental da forma como é conduzido começa com informações pouco precisas que progressivamente tornam-se mais detalhadas, sobretudo em nível técnico e econômico (CARVALHO, 2014). Como forma de superar alguns desses impasses especialistas e instituições têm sugerido que a avaliação de impactos ambientais se desenvolva nos moldes da Avaliação Ambiental Estratégica – AAE (SADLER e VERHEEM, 1996; MMA, 2002; RODRIGUES e ROSA, 2013; ANDRADE *et*

al., 2015). A AAE se realizada em uma etapa preliminar do processo de planejamento da expansão do setor elétrico e possibilita que as demais opções de um determinado plano sejam consideradas, contribuindo com a avaliação e mitigação de impactos ambientais (COOPER, 2004). Percebe-se, portanto, um esforço para aprimoramento das análises ambientais durante a fase de planejamento de empreendimentos hidrelétricos, mas nenhuma estratégia ou método têm sido discutido para o caso das PCHs.

Dessa forma, o objetivo desse estudo é propor um método de avaliação socioambiental de pequenas centrais hidrelétricas que visa contribuir com o aprimoramento da sistemática de avaliação socioambiental vigente, buscando subsidiar informações para a fase de planejamento da instalação de novas PCH's nas bacias hidrográficas de estado de Minas Gerais.

## 2. Material e métodos

### 2.1 Seleção de variáveis

Esta proposta envolve a elaboração de cenários de restrições socioambientais em ambiente de sistemas de informações geográficas (SIG's) combinada com a técnica de suporte a tomada de decisão AHP que visam sinalizar as áreas dentro do estado de Minas Gerais sensíveis à instalação de novas PCH's. O desenvolvimento do método está embasado nas recomendações da Avaliação Ambiental Estratégica (AAE).

A seleção das variáveis utilizadas na elaboração dos cenários de restrições socioambientais considerou: os quesitos técnicos sobre PCH's (ADRADA, 2013); as notas técnicas da Empresa de Pesquisa Energética - EPE (NT DEA 21/10; NT DEA 12/12 e NT DEA 19/12); e o Estudo de Impacto Ambiental de PCHs já licenciadas. As informações geoespaciais utilizadas nesse trabalho foram extraídas do banco de dados do Zoneamento Ecológico e Econômico de Minas Gerais (ZEE-MG).

### 2.2. Elaboração dos cenários de restrições socioambientais

A análise de multicritério em ambiente SIG (*Raster calculator*), combinada com a técnica de suporte à decisão AHP (*Analytic Hierarchy Process*) permitiu o agrupamento e classificação de regiões que apresentam potenciais semelhantes, caracterizando as áreas de acordo com o seu grau de restrições socioambientais. Os resultados foram expressos por meio de mapas temáticos: ANEXO I, ANEXO II e ANEXO III. Foram utilizados os softwares ArcMap versão 10 e gvSIG desktop versão 2.0.0, obedecendo os seguintes procedimentos: (i) após a definição das variáveis (Tabela 1), os arquivos originalmente em formato vetorial (*shapefile*) foram convertidos para o formato *raster*; (ii) após essa operação foram estabelecidas notas de importância (1 a 5) para os atributos originais de cada variável conforme foi estabelecido pelo ZEE-MG, entendendo que quanto maior a nota, maior a sua importância em termos de restrições socioambientais (Tabela 2); (iii) após a reclassificação dos componentes de legenda foram atribuídos pesos entre as variáveis selecionadas. Nesse momento foi inserida a equação para geração do mapa com base nos pesos estabelecidos pela análise AHP (descrita no tópico 2.3).

**Tabela 1** – Variáveis selecionadas para compor o cenário de análises socioambientais separadas em grupos temáticos.

Grupo Temático	Variáveis
(1) Meio biótico	Prioridade de conservação da fauna
	Prioridade de conservação da flora
	Prioridade de conservação da ictiofauna
(2) Meio físico	Erodibilidade
	Inclinação do terreno
	Unidades de conservação

**Tabela 2** – Atribuição de notas para os componentes de legenda do ZEE-MG.

Variável	Atributos originais do ZEE-MG	Atribuição de notas (1 a 5)	Variável	Atributos originais do ZEE-MG	Atribuição de notas (1 a 5)
Prioridade de conservação da flora	Muito baixa	1	Erodibilidade	Muito baixa	1
	Baixa	2		Baixa	2
	Média	3		Média	3
	Alta	4		Alta	4
	Muito Alta	5		Muito Alta	5
Prioridade de conservação da fauna	Ausente	1	Inclinação do terreno	Plano ou suave-ondulado	2
	Alta	2		Ondulado	3
	Muito alta	3		Forte-ondulado	4
	Extrema	4		Montanhoso ou escarpo	5
	Especial	5	Ausente	1	
Prioridade de conservação da ictiofauna	Baixa	2	Unidades de Conservação	Uso sustentável	4
	Média	3		Proteção Integral	5
	Alta	4	Tribos Indígenas	Ausente	1
	Muito alta	5		Presente	5

## 2.3 Análise hierárquica de processos

Essa técnica baseia-se na comparação de pares de critérios e na construção de uma série de matrizes quadradas. As comparações par a par, expressas em termos linguísticos/verbais, são convertidas em valores numéricos usando a Escala Fundamental de Saaty para julgamentos comparativos (Tabela 3). A Tabela 4 apresenta a matriz de ponderação dos pesos das variáveis selecionadas para compor o cenário de restrições socioambientais, com base na atribuição dos julgamentos comparativos.

**Tabela 3** – Escala Fundamental de Saaty (1991) para julgamentos comparativos.

Intensidade de importância	Definição	Explicação

1	Mesma importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação a outra
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação a outra
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação a outra; sua dominação de importância é demonstrada na prática
9	Importância absoluta	Quando se procura uma condição de compromisso entre as definições
2,4,6,8	Valores intermediários entre os valores adjacentes	Quando se procura uma condição entre as duas definições

**Tabela 4** – Matriz de comparação pareada e pesos calculados.

Variáveis	Comparação pareada								Pesos	Arredond.
	Ictiof.	TI	Fauna	Flora	UC	Erodib.	Decliv.			
Ictiof.	<b>1</b>	-	-	-	-	-	-	0,281256	<b>0,28</b>	
TI	<b>3</b>	<b>1</b>	-	-	-	-	-	0,238886	<b>0,24</b>	
Fauna	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	-	-	-	-	0,178371	<b>0,17</b>	
Flora	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	-	-	-	0,1409	<b>0,14</b>	
UC	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	-	-	0,109418	<b>0,11</b>	
Erodib.	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	-	0,025585	<b>0,03</b>	
Decliv.	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	0,025585	<b>0,03</b>	

Para cada nó da hierarquia calculou-se a matriz normalizada. O cálculo compreendeu o somatório dos elementos de cada coluna e a divisão de cada elemento da coluna pelo respectivo somatório. O resultado da matriz resultante desse processo, chamada de matriz normalizada, foi utilizado para definir os pesos associados a cada variável. Defini-se a equação da matriz normalizada como:

$$A' = [a'_{ij}] \text{ onde } a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{ik}} \text{ para } 1 \leq i \leq n, e 1 \leq j \leq n$$

Para analisar a consistência das avaliações feitas utilizaram-se procedimentos de avaliação de consistência dos julgamentos, segundo (SAATY, 1981):

i) Cálculo do Índice de Consistência (IC) para avaliar o grau de inconsistência da matriz de julgamentos paritários, através da seguinte equação:

$$IC = \frac{[\lambda_{max} - N]}{N - 1}$$

onde:

N é a ordem da matriz e  $\lambda_{max}$  é o maior autovalor da matriz de julgamentos paritários. O parâmetro  $\lambda_{max}$  foi calculado nesse trabalho a partir do software Matlab® através do comando `>> eig(matriz)`, obtendo-se como resultado o valor 7.5460, portanto:

$$IC = \frac{[7,5460 - 7]}{7 - 1} = 0,0910$$

ii) Cálculo da Razão de Consistência (RC): foi realizado para avaliar a inconsistência em função da ordem da matriz de julgamentos, através da seguinte equação:

$$RC = \frac{IC}{IR}$$

onde:

IC é o Índice de Consistência e IR é o Índice Randômico. O IR é o índice de consistência obtido para uma matriz randômica recíproca, com elementos não-negativos. Para vários tamanhos da matriz N foram aproximados os valores de IR com base em um grande número de simulações, segundo Saaty (1981), conforme demonstra a Tabela 5.

Portanto, para o cálculo de RC, tem-se:

$$RC = \frac{0,0910}{1,32} = 0,0689$$

**Tabela 5** – Índices de Consistência Randômicos (IR).

<b>Ordem da matriz (N)</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Valores de IR</b>	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51

Fonte: SAATY, 1991.

Em seu trabalho Saaty sugere ser aceitável o valor de Razão de Consistência (RC) menor que 0,1. Para valores de RC menores que 0,1 sugere-se revisões na matriz de comparações pareadas.

### 3. Resultados e discussão

A validação dos resultados produzidos pelo cenário de restrições socioambientais, foi procedida através da análise de duas UPGRH's (Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos): a UPGRH PN3 (Afluentes Mineiros do Baixo Paranaíba) e UPGRH PS2 (Afluentes mineiros dos rios Pomba e Muriaé. O cenário de restrições socioambientais foi classificado em cinco (5) intervalos, os quais variam desde "muito baixa" (restrição socioambiental para a implantação de PCH's) até "muito alta".

A Tabela 6 apresenta o percentual de ocorrência encontrado para as classes de cada variável na UPGRH – PN3 e na UPGRH – PS2.

**Tabela 6** - Percentual de ocorrência das classes de cada variável para a UPGRH – PN3 e para a UPGRH – PS2.

<b>Variável</b>	<b>UPGRH - PN3</b>		<b>UPGRH - PS2</b>	
	<b>Classe</b>	<b>Ocorrência (100%)</b>	<b>Classe</b>	<b>Ocorrência (100%)</b>
	Muito baixa	76,80%	Muito baixa	48,50%
	Baixa	-	Baixa	44,98%

Prioridade de conservação da flora	Média	11,45%	Média	-
	Alta	11,75%	Alta	-
	Muito Alta	-	Muito Alta	6,52%
Prioridade de conservação da fauna	Ausente	94,44%	Ausente	76,80%
	Alta	0,76%	Alta	0,16%
	Muito alta	0,09%	Muito alta	1,55%
	Extrema	4,71%	Extrema	18,47%
	Especial	-	Especial	3,02%
Prioridade de conservação da ictiofauna	Baixa	-	Baixa	97,60%
	Média	95,54%	Média	0,85%
	Alta	0,04%	Alta	0,05%
	Muito alta	4,42%	Muito alta	1,50%
Erodibilidade	Muito baixa	16,49%	Muito baixa	17,35%
	Baixa	78,42%	Baixa	77,40%
	Média	3,95%	Média	1,87%
	Alta	-	Alta	3,38%
	Muito Alta	1,14%	Muito Alta	-
Inclinação do Terreno	Plano ou suave-ondulado	95,21%	Plano ou suave-ondulado	43,60%
	Ondulado	4,63%	Ondulado	41,25%
	Forte-ondulado	0,16%	Forte-ondulado	14,80%
	Montanhoso ou escarpo	-	Montanhoso ou escarpo	0,35%
Unidades de Conservação	Ausente	99,64%	Ausente	90,06%
	Uso sustentável	-	Uso sustentável	9,65%
	Proteção Integral	0,36%	Proteção Integral	0,29%
Tribos Indígenas	Ausente	100%	Ausente	100%
	Presente	-	Presente	-

Na região da UPGRH PN3 a variável “Prioridade de Conservação da Ictiofauna” influenciou fortemente o

resultado final do cenário de restrições, uma vez que apresentou percentual elevado para os componentes de legenda nas classes “muito alta” combinada com o maior valor na ponderação dos pesos pelo método (AHP). As variáveis “Prioridade de Conservação da Fauna” e “Prioridade de Conservação da Flora” apresentaram predominância nas classes “ausente” e “muito baixa”, por essa razão, essas variáveis foram pouco expressivas no resultado final. Espera-se, dessa forma, que nessa região exista baixa ocorrência de espécies endêmicas e/ou ameaçadas de extinção segundo o ZEE-MG. A predominância da inclinação do terreno nas classes “plano ou suave-ondulado” e a variável “Erodibilidade” com predominância na classe “baixa” também representaram pouco expressividade no mapa final. Não foram encontradas restrições expressivas para a variável “Unidades de Conservação”; e não foram registradas ocorrências de tribos indígenas.

O cenário de restrições da UPGRH PS2 foi fortemente influenciado pelas variáveis “Prioridade de Conservação da Ictiofauna”, “Prioridade de Conservação da Fauna” e “Prioridade de Conservação da Flora”; a ocorrência de classes altamente restritivas nessa região combinadas com os valores mais elevados da ponderação de pesos das variáveis, influenciaram de forma expressiva no resultado final, portanto, é possível associar à essa região maior valor de integridade em função do grau de endemismo, espécies ameaçadas e riqueza de espécies, conforme a classificação do ZEE-MG. As variáveis “Erodibilidade” e “Inclinação do Terreno” apresentaram predominância nas classes menos restritivas, que combinadas com os menores valores da ponderação de pesos, influenciaram de maneira pouco expressiva no resultado final. As Unidades de Conservação ocorreram em maiores proporções na bacia do Paraíba do Sul, principalmente na categoria “Uso Sustentável”. Por esse motivo influenciaram de maneira significativa no resultado final. Não foram encontradas tribos indígenas nas limitações dessa região, da mesma forma como ocorreu na UPGRH PN3.

---

## 4. Conclusão

A utilização de informações disponíveis em bancos de dados oficiais como o ZEE-MG, combinada a técnica de suporte a decisão (AHP) mostrou-se efetiva na geração de resultados de caracterização socioambiental a partir da manipulação de informações geoespaciais em ambiente de sistemas de informações geográficas, podendo, dessa forma, auxiliar o planejamento da instalação de novas pequenas centrais hidrelétricas em Minas Gerais, reduzindo incertezas e riscos associados aos aspectos técnicos e socioambientais de PCHs. Desse modo, é possível orientar os investimentos, antecipar e prevenir alguns dos impactos socioambientais intrínsecos de cada projeto, conforme predizem as orientações da Avaliação Ambiental Estratégica (AAE). Os resultados, no entanto, são dependentes da atualização e da qualidade da informação dos bancos de dados, bem como a escala espacial utilizada para representar as áreas conforme os atributos de cada variável. A ponderação de pesos das variáveis a partir da técnica AHP detém aspectos subjetivos inerentes ao método e ao perfil do analista. Portanto, novas atribuições de pesos podem ser conduzidas conforme o perfil de cada profissional responsável por conduzir o processo de tomada à decisão. As variáveis que compõem os cenários de restrições formam selecionadas a partir da abordagem das principais interferências socioambientais das PCH's sob uma análise diferenciada em escalas espaciais, considerando principalmente: os impactos ambientais no entorno da planta hidrelétrica e os impactos à sua jusante; representando um avanço para contornar as deficiências das avaliações vigentes.

---

## Referências bibliográficas

- ABBASI, T.; ABBASI, S.A. Small hydro and the environmental implications of its extensive utilization. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [S.I.], v. 15, n. 4, p.2134-2143, maio 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.050>.
- ADRADA, T.; MANCEBO, J.A.; MARTINEZA, C. **Pequenas centrais hidrelétricas**. Programa de capacitação em energias renováveis. Observatório de Energias Renováveis para a América Latina e o Caribe - ONUDI. 2013.
- ANDRADE, A. L.; SANTOS, M. A. Hydroelectric plants environmental viability: Strategic environmental assessment application in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy**, [S.I.], n.52, p. 1413–23. [S.I.]. 2015.
- ANDRADE, J. S. O. **Pequenas centrais hidrelétricas: análise das causas que impedem a rápida implantação de PCHs no Brasil**. 2006. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Curso de Mestrado em Regulação da Indústria de Energia, Universidade Salvador – UNIFACS, Salvador, 2006.



- ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). Ministério de Minas e Energia (Ed.). **Banco de Informação de Geração - BIG**. Brasília: MME, 2014. Disponível em: <[www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm)>. Acesso em: 09 fev. 2016.
- ASAEDA, T.; RASHID, Md H.. The impacts of sediment released from dams on downstream sediment bar vegetation. **Journal Of Hydrology**, [S.l.], v. 430-431, p.25-38, abr. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.01.040>.
- CARVALHO, N B. **Avaliação dos Impactos Sinérgicos e Cumulativos de Pequenas Centrais Hidrelétricas Construídas em Sequência**. 172 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Planejamento Energético, UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro, 2014.
- COOPER, Lourdes M. **Guidelines for Cumulative Effects Assessment in SEA of Plans**. 2004. Environmental Policy and Management Group. Department of Environmental Science and Technology. Imperial College London. Disponível em: <[www.imperial.ac.uk/pls/portallive/docs/1/21559696.PDF](http://www.imperial.ac.uk/pls/portallive/docs/1/21559696.PDF)>. Acesso em: 20 jun. 2016.
- EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). Ministério de Minas e Energia (Ed.). **Balanco Energético Nacional 2015**. Rio de Janeiro: MME/EPE, 2015. 291 p. Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2015.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2015.pdf)>. Acesso em: 25 mar. 2016.
- EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). Ministério de Minas e Energia (Ed.). **Metodologia para a avaliação socioeconômica e ambiental de UHE e LT. Nota Técnica DEA 21/10**. Rio de Janeiro: MME/EPE, 2010. 50 p. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/default.aspx>>. Acesso em: 12 fev. 2015.
- EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). Ministério de Minas e Energia (Ed.). **Avaliação Socioambiental de Usinas Hidrelétricas. Nota Técnica DEA 17/12**. Rio de Janeiro: MME/EPE, 2012a. 39 p. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/default.aspx>>. Acesso em: 12 fev. 2015.
- EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). Ministério de Minas e Energia (Ed.). **Análise Socioambiental Integrada. Nota Técnica DEA 19/12**. Rio de Janeiro: MME/EPE, 2012b. 27 p. Disponível em: <[www.epe.gov.br/default.aspx](http://www.epe.gov.br/default.aspx)>. Acesso em: 18 fev. 2015.
- FERREIRA, Jacson Hudson Inácio et al. Assessment of the potential of small hydropower development in Brazil. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [S.l.], v. 56, p.380-387, abr. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.11.035>.
- GOODLAND, R. Strategic environmental assessment and The World Bank Group. **International Journal of Sustainable Development e World Ecology**, Lancs, v. 12, n.3, p. 245-255, 2005.
- GUO, H. et al. Effects of the Three Gorges Dam on Yangtze River flow and river interaction with Poyang Lake, China: 2003–2008. **Journal Of Hydrology**, [S.I.], v. 416-417, p.19-27, jan. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.11.027>.
- KOSNIK, Lea. The potential for small scale hydropower development in the US. **Energy Policy**, [S.I.], v. 38, n. 10, p.5512-5519, out. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2010.04.049>.
- LI, J.Q., CHEN, Q. B., WANG, K.Q., LEI, J.J., WANG, J., ZHENG, H.Y., 2007. Study on Rock and Soil Erosion in Dumping Pile of Hydropower Station Construction Project. **Research of Soil and Water Conservation** 6, 40-42in Chinese with English abstract.
- MCMANAMAY, R. A.; ORTH, D. J.; DOLLOFF, C. A. Revisiting the homogenization of dammed rivers in the southeastern US. **Journal Of Hydrology**, [S.l.], v. 424-425, p.217-237, mar. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.01.003>.
- MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Ministério do Meio Ambiente (Ed.). **Manual de Avaliação Ambiental Estratégica**. Brasília: MMA/SQA, 2002. 92 p. Disponível em: <[www.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_pnla/\\_arquivos/aae.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/aae.pdf)>. Acesso em: 09 fev. 2016.
- NAUTIYAL, H. et al. Small hydropower for sustainable energy development in India. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [S.l.], v. 15, n. 4, p.2021-2027, maio 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2011.01.006>.
- PANG, M. et al. Ecological impacts of small hydropower in China: Insights from an emergy analysis of a case plant. **Energy Policy**, [S.l.], v. 76, p.112-122, jan. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2014.10.009>.
- PASCALE, A.; URMEE, T.; MOORE, A.. Life cycle assessment of a community hydroelectric power system

in rural Thailand. **Renewable Energy**, [s.l.], v. 36, n. 11, p.2799-2808, nov. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2011.04.023>.

PREMALATHA, M. et al. A critical view on the eco-friendliness of small hydroelectric installations. **Science Of The Total Environment**, [S.l.], v. 481, p.638-643, maio 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.11.047>

RODRIGUES, G. S. S. C.; ROSA, R. M. Strategic Environmental Assessment in State of Minas Gerais and Proliferation of Small Hidropower Plant in Uberabinha River Basin. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 31, n. 3, p. 125-137, set.-dez., 2013. Disponível em: <[http://www.ufsj.edu.br/portal2repositorio/File/ppgtds/NORMAS%20ABNT/Topico\\_16\\_-\\_Referencias.pdf](http://www.ufsj.edu.br/portal2repositorio/File/ppgtds/NORMAS%20ABNT/Topico_16_-_Referencias.pdf)>. Acesso em: 18 jan. 2016.

SAATY, T. L. **Método de Análise Hierárquica**. São Paulo: Makron Books do Brasil Editora Ltda., 1991.

SADLER, B; VERHEEM, R. **Strategic Environmental Assessment Status, Challenges and Future Directions**. 1996. Disponível em: <<http://ec.europa.eu/ourcoast/download.cfm?fileID=856>>. Acesso em: 20 jun. 2016.

WCD - WORLD COMISSION ON DAMS (UK/USA). **Dams and development: A new framework for decision making**. 2000. Disponível em: <[https://www.internationalrivers.org/files/attached-files/world\\_commission\\_on\\_dams\\_final\\_report.pdf](https://www.internationalrivers.org/files/attached-files/world_commission_on_dams_final_report.pdf)>. Acesso em: 15 maio 2016.

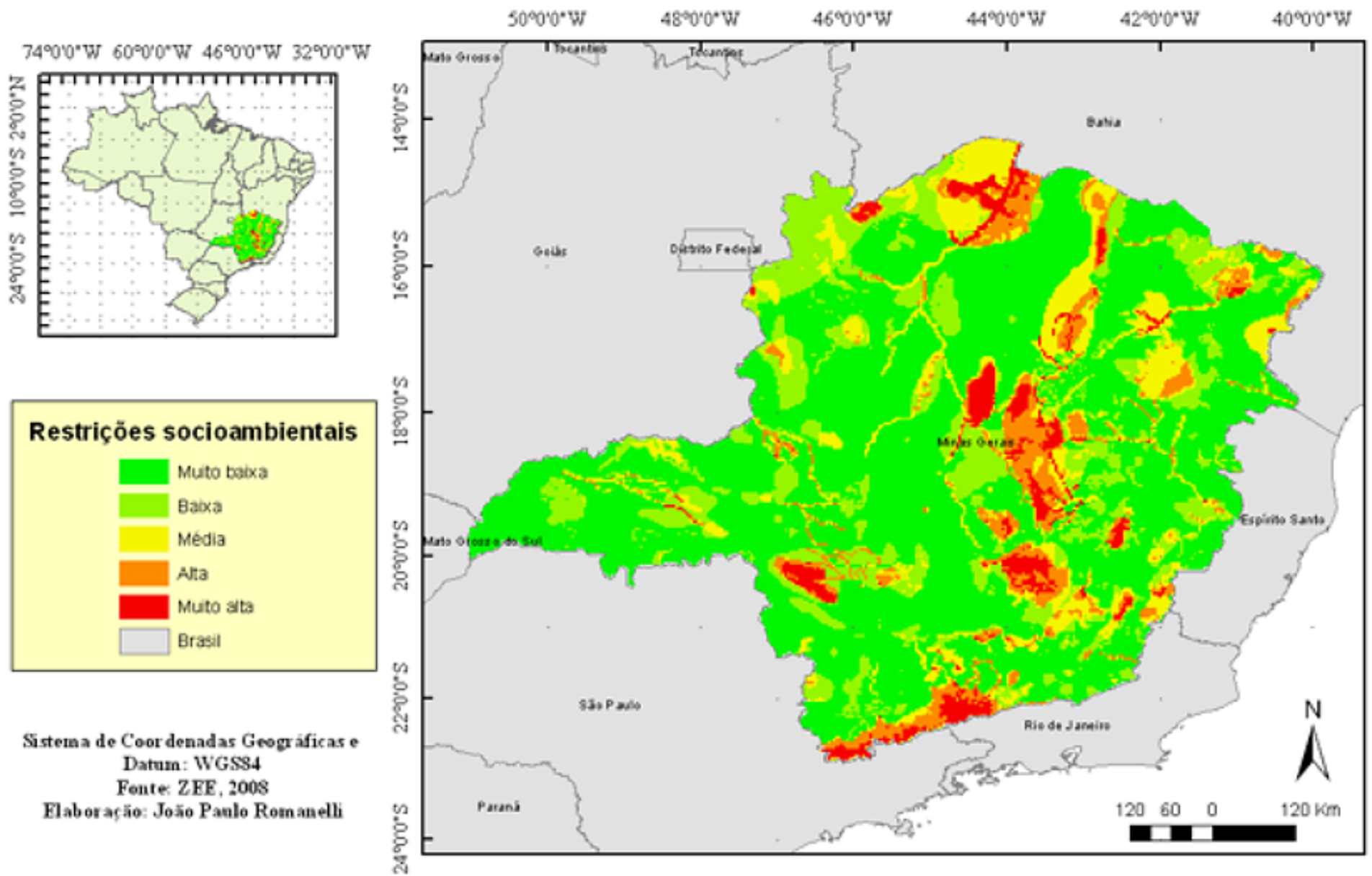
YÜKSEL, I. Hydropower for sustainable water and energy development. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [S.I.], v. 14, n. 1, p.462-469, jan. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2009.07.025>.

ZHANG, J. et al. Environmentally feasible potential for hydropower development regarding environmental constraints. **Energy Policy**, [s.l.], v. 73, p.552-562, out. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2014.04.040>.

---

## Anexo 1

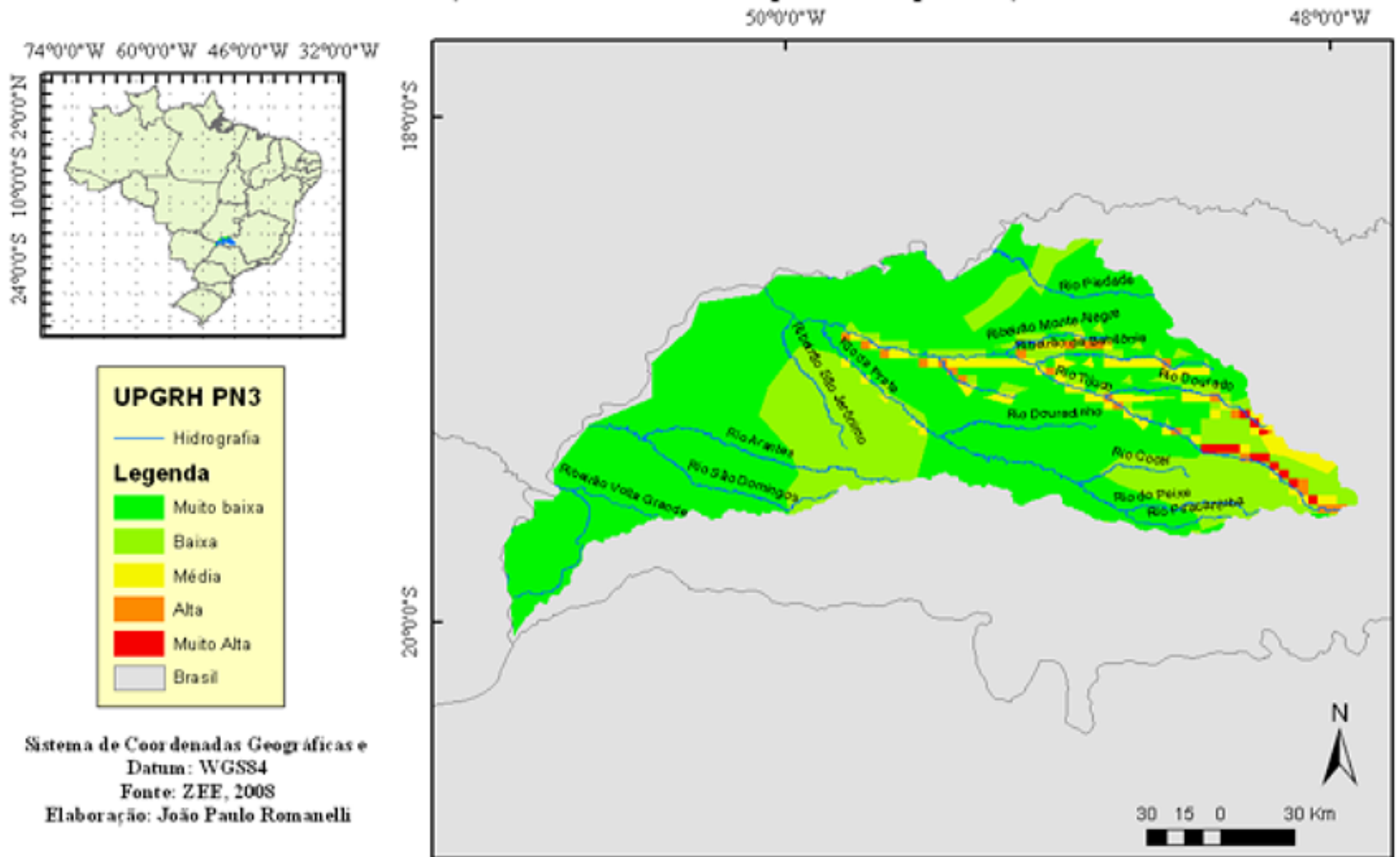
# Cenário de restrições socioambientais para a implantação de PCH's em Minas Gerais



## Anexo 2

# UPGRH PN3 - Afluentes Mineiros do Baixo Paranaíba

## Cenário de restrições socioambientais para a implantação de PCH's

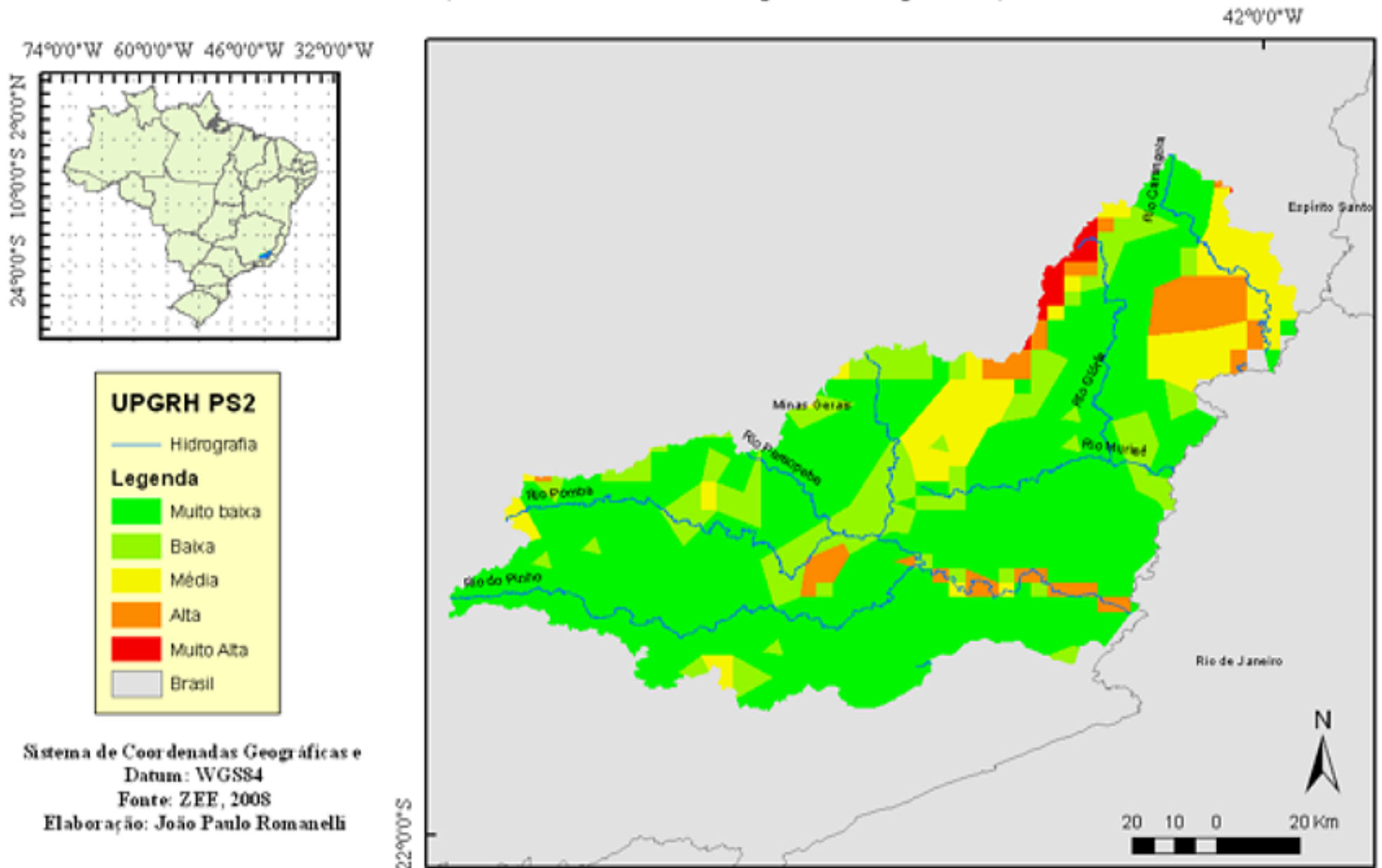


## Anexo 3



# UPGRH PS2 - Afluentes Mineiros dos rios Pomba e Muriaé

## Cenário de restrições socioambientais para a implantação de PCH's



1. Graduação em Engenharia Florestal. Mestrado em Tecnologias para o Desenvolvimento Sustentável (UFSJ). E-mail: [joaopromanelli@hotmail.com](mailto:joaopromanelli@hotmail.com)
2. Graduação em Tecnologia em Instrumentação e Controle, Mestrado em Filosofia, Doutorado em Ciência Política; Professor no Departamento de Filosofia e Métodos da Universidade Federal de São João Del-Rei (UFSJ). E-mail: [rogerpicoli@ufs.edu.br](mailto:rogerpicoli@ufs.edu.br)
3. Graduação em Ciências Biológicas, Mestrado em Zoologia de Vertebrados, Doutorado em Engenharia Mecânica; Professor Adjunto da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ). Email: [luizsilva@ufs.edu.br](mailto:luizsilva@ufs.edu.br)

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015  
Vol. 38 (Nº 07) Año 2017

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a [webmaster](#)]