

# O uso das cartas aerofogramétricas para identificar sítios hidroenergéticos; estudo de caso: micro bacia do arroio solitário

Luiz Sílvio Scartazzini<sup>1</sup>, Fernando Gehm Moraes<sup>2</sup>, Ney Laert Vilar Calazans<sup>3</sup>,  
Leandro Augusto de Oliveira<sup>4</sup>

Professores e pesquisadores da Universidade Luterana do Brasil - Campus Canoas (RS). E-mail: lsscarta@yahoo.com.br

## Resumo

Este estudo apresenta uma metodologia para identificação de sítios hidroenergéticos em micro bacias hidrográficas, utilizando a cartografia, explorando os cursos de água, as declividades e as áreas de contribuição para os pontos de interesse. Este método é realizado apenas em gabinete, minimizando os custos de reconhecimento em campo. As proximidades das curvas sobre o curso de água definem os pontos de interesse, e a relação extensão por declividade fornece a altura. A área de contribuição oferece o elemento para cálculo da vazão, utilizando as equações das curvas de permanência para vazões regionalizadas. No caso em estudo, na micro bacia do Arroio Solitário, foram identificados, através da carta, cinco pontos com potencial superior a 0,5 kW. Na identificação dos pontos em campo, foram confirmados estes cinco pontos avaliados na carta e localizados outros dois, visualizados apenas em campo. É discutida a metodologia, sua confiabilidade e são apresentadas sugestões para trabalhos semelhantes.

## Palavras-chave

Micro bacias hidrográficas, sítios de potencial hidroenergéticos, vazões regionalizadas.

# Abstract

This study shows a methodology to identify the hydroenergetic farms in hydrographic micro basin using cartography, exploring the water's flow, the declivities and the contribution areas to the target point. This method is performed only in cabinet, minimizing the costs of field recognition. The curves' proximity to the water's flow define the target point and the extension relation by declivity provides the elevation. The contribution area provides the element to determine the outflow, using the curves equation of permanency to regionalized outflow. In the study case of the Arroio Solitário micro basin was possible to identify, through the cartography, five points with a potential higher than 0,5kw. During the identification of the points, in the field, five of the evaluated points were confirmed and two others were localized and visualized just in the field. The methodology and its reliability are discussed, and some suggestions to similar works are shown here.

# Key Words

Hydrographic micro basin, farms of hydroenergetic potential, regionalized outflow.

# Introdução

O rápido desenvolvimento tecnológico e científico da humanidade se faz sentir a partir da invenção da máquina a vapor, no século XIX, com o uso intensivo da energia, principalmente dos combustíveis fósseis.

A utilização de combustíveis fósseis de baixo custo (inicialmente carvão, e numa segunda etapa petróleo e gás natural) provocou o surgimento de uma sociedade progressivamente dependente destes recursos não-renováveis, enquanto a aparente inesgotabilidade dos mesmos gerou um crescimento da demanda, cuja vertiginosidade aponta para o esgotamento das reservas em um horizonte temporal de poucas décadas.

O baixo custo do petróleo e do gás natural, que tornava antieconômica a utilização de outras fontes, fez com que o descaso com relação às energias renováveis reduzisse seu desenvolvimento tecnológico e sua utilização a alguns casos isolados.

Após a crise do petróleo e a conscientização ecológica, a partir dos anos oitenta, a humanidade passou a investir mais nas energias renováveis, entre elas, a hidrelétrica.

Considerando a necessidade voraz de aumento de geração (para satisfazer o crescimento econômico), o consumidor aumento de qualidade de vida e o crescimento da pressão das demandas sociais (como a falta de energia elétrica para o meio rural), o qual justificou grande parte do êxodo rural, tornou-se necessário pensar em soluções que aproveitassem as fontes renováveis de energia, tais como: minicentrals hidrelétricas, biomassa, fotovoltaicas e eólica.

Dentre estas fontes de energia renováveis, o aproveitamento da hidroeletricidade revela-se bastante viável, devido ao estado da tecnologia de geração presente no mercado. Para o aproveitamento desta fonte energética, basta identificar um local geográfico que apresente uma queda de água com um volume de água presente. Este local passa a ser identificado como sítio hidroenergético.

Para uso comercial, os sítios de geração hidroenergéticos passam a ser atrativos economicamente quando estão próximos da rede elétrica e quando tiverem maiores quedas d'água associadas com grandes vazões.

Para fins sociais, as características de bons sítios de geração hidroenergéticas são aqueles que apresentam pequena altura de queda, pequenas vazões e próximas às residências rurais mais isoladas da rede elétrica convencional. A aproximação das residências se faz necessária para diminuir o custo com o transporte de energia. A eletricidade destina-se basicamente a iluminação, com uso de lâmpadas PL de alto rendimento, TV, rádio e refrigeração, sendo o uso para banho descartável, devido ao alto consumo do mesmo.

Esta forma de geração de energia revela-se a mais indicada economicamente para atender à demanda de sistemas isolados no meio rural. A eletrificação destas propriedades traz um significativo aumento da qualidade de vida para estas populações, proporcionando melhores condições de trabalho e contribuindo para o desenvolvimento local.

A presente proposta objetiva apresentar uma metodologia que busca identificar os sítios hidroenergéticos presentes em uma área definida pelo divisor de águas da micro bacia hidrográfica, atividade que pode ser realizada exclusivamente em gabinete, diminuindo o custo dos levantamentos exaustivos realizados a campo.

## Metodologia

Com as cartas do Exército, escala 1:50.000, foi definido o divisor de água da micro bacia hidrográfica em estudo. Os cursos d'água, presentes na bacia hidrográfica, foram mapeados, classificados e medidos em sua extensão. Foram reproduzidas as curvas de nível presentes na área da bacia hidrográfica. Cada atividade, divisor de águas, malha hidrográfica e curvas de nível, formam um plano de informação independente, que foi escaneizado de forma a manter a mesma orientação geográfica em cada plano. Ao serem sobrepostos os diferentes planos de informações, obteve-se o cruzamento dos planos. A Figura 1 mostra a seqüências de planos gerados no processo.

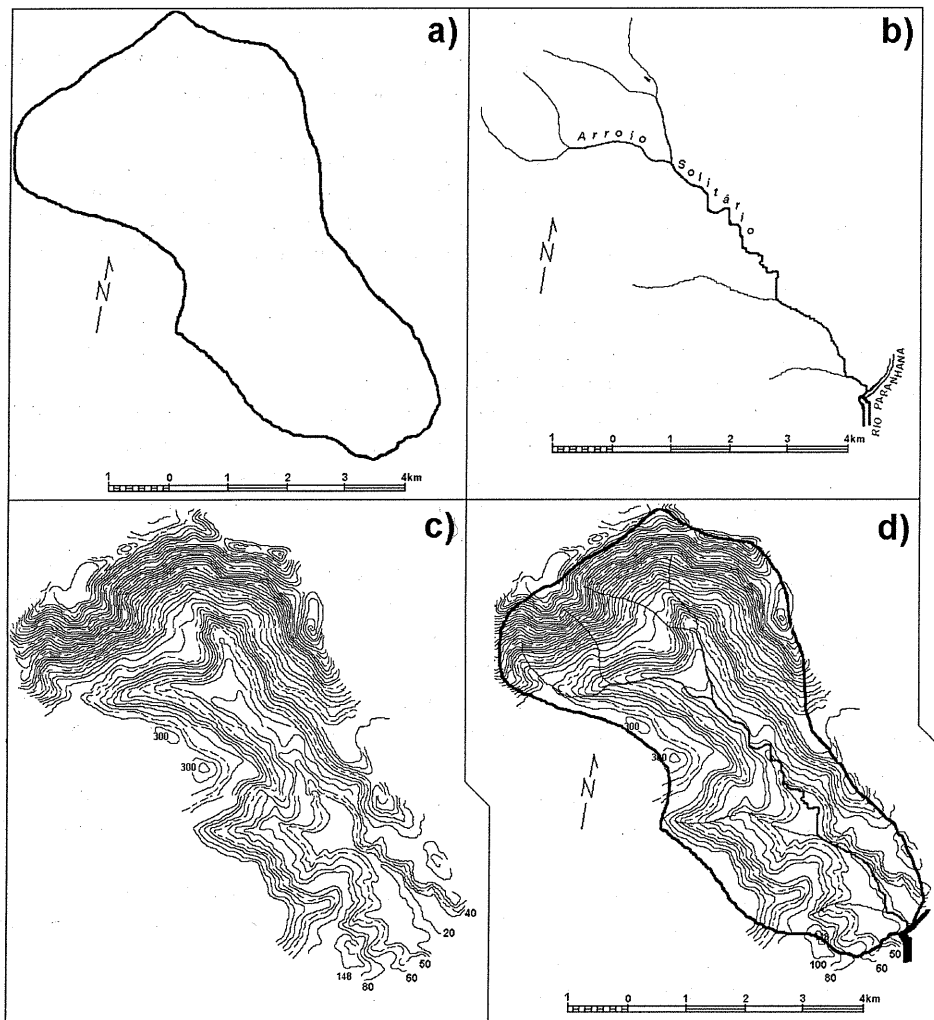


Figura 1 – Sequência de informações obtidas da carta: a) divisor de águas da bacia em estudo; b) malha hidrográfica presente na bacia; c) curvas de nível existentes nesta bacia hidrográfica; d) sobreposição das três informações anteriores.

A partir da geração da imagem da Figura 1.d) pode-se traçar cenários que são definidos pelo usuário. No presente trabalho, para localização dos pontos de interesse, definiram-se os seguintes critérios:

- Declividades iguais ou superiores a 20%;
- Área de contribuição igual ou superior a 0,8 km<sup>2</sup> ou a partir de 400 metros de canal medido de sua nascente;
- locais com potencial livre igual ou superior a 0,5 kW.

Estes pontos podem ser determinados através de programas computacionais que operam com os planos de informação na forma georeferenciada, como o AUTOCAD e o IDRISI, ou também, como no presente caso, definidos visualmente nas cartas, através da observação da proximidade de duas curvas, ocorridas sobre o leito do rio, em uma extensão igual ou inferior a 100 metros.

Para calcular o potencial livre em cada ponto utilizou-se a equação preconizada em ELETROBRAS (1985):

$$P_i = g.Q.h \quad (1)$$

$P_i$  é o menor potencial livre existente no ponto, presente em 50% do tempo, dado em kW;  
 $g$  é a aceleração normal da gravidade, dada em m.s<sup>-2</sup>;

Q é a vazão presente no curso d'água, dado em  $m^3.s^{-1}$ ;

h é a altura da queda, dada em metros.

A altura da queda foi definida pela declividade do canal, apresentada na interpolação das curvas dentro da extensão de 100 metros no local em que ocorria um ponto de interesse. A vazão foi determinada de acordo com TUCCI (1993), no qual as vazões médias podem ser determinadas através das equações de regionalização, baseadas nas curvas de permanência. Dentro desta metodologia, o Arroio Solitário está localizado dentro da VI Região – e a equação para a determinação das vazões médias é:

$$Q_{50} = 0,01294.A^{0,979} \quad (2)$$

Onde:

$Q_{50}$  = vazão encontrada no leito do rio em 50% das vezes (vazão média), dada em  $m^3.s^{-1}$

A = área da bacia de contribuição para o ponto, dada em  $km^2$

Todos os pontos identificados nas cartas foram conferidos em campo e georeferenciados com G.P.S.

## Resultados e Discussão

A micro bacia hidrográfica do Arroio Solitário está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Paranhana. Localiza-se no Mapa da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército (DSG) escala 1:50000, na carta MI – 2971/1 de Taquara. Sua área pertence ao município de Igrejinha e apresenta os limites extremos nas coordenadas geográficas  $50^{\circ} 48' 32''$  até  $50^{\circ} 53' 10''$  de longitude oeste e  $29^{\circ} 31' 21''$  até  $29^{\circ} 35' 29''$  de latitude sul.

As principais características da bacia hidrográfica do Arroio Solitário são:

Área: 26,13  $km^2$

Densidade de drenagem: 0,79  $km/km^2$

Cota da nascente: 795 m

Cota da foz: 16 m

Perímetro: 23 km

Comprimento longitudinal

da bacia, L: 8,5 km

$L^2$ : 72,25  $km^2$

Pelos critérios definidos para o presente trabalho, foram identificados, em carta, cinco sítios de potencial hidroenergéticos. A Figura 2 apresenta a localização destes pontos.

Com a área de contribuição no ponto desejado e a vazão calculada pela equação (2), encontrou-se o potencial de cada ponto, utilizando-se a equação (1), cujos resultados estão expressos na tabela 1.

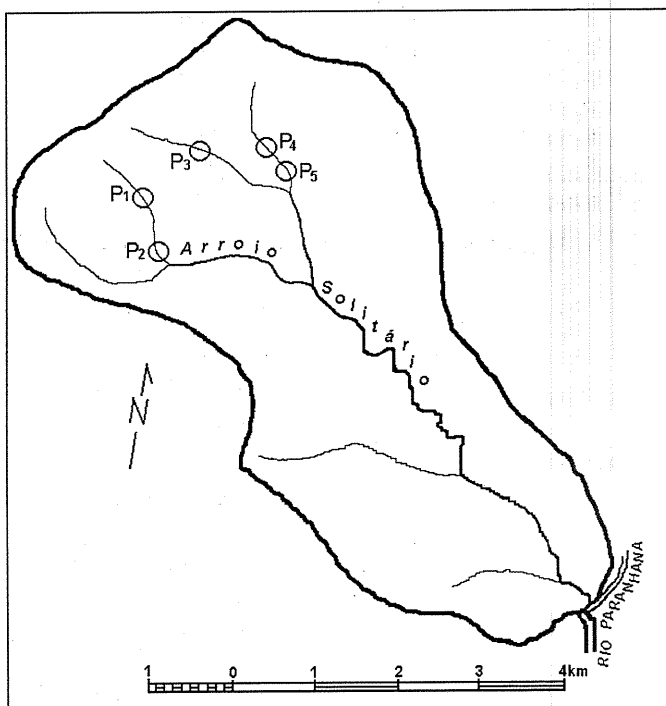


Figura 2 – Localização dos pontos com potencial igual ou superior a 500 W

Tabela 1 – Determinação do potencial hídrico definido por cartografia

PONTOS	A (km <sup>2</sup> )	Q <sub>50</sub> (l.s <sup>-1</sup> )	h (m)	POTENCIAL (W)
P <sub>1</sub>	0,55	7,21	25	1452
P <sub>2</sub>	1,26	16,2	10	1310
P <sub>3</sub>	0,34	4,5	20	722
P <sub>4</sub>	1,16	15,1	15	1824
P <sub>5</sub>	1,17	15,1	15	1836
P <sub>TOTAL</sub>	-	-	-	7144

De acordo com a tabela 1, verifica-se que todos os pontos escolhidos no mapa da Figura 2 têm potencial superior a 500 W. Dos pontos identificados por carta, P<sub>1</sub>, P<sub>4</sub> e P<sub>5</sub> são os que apresentam maior potencial. Este resultado deve-se à combinação dos valores da área de contribuição e da altura de queda definida pela declividade na carta. Todos os pontos se localizam na cabeceira da bacia, caracterizando-se por possuírem pequenas áreas de contribuição e baixas vazões, tendo interesse apenas social, para atender à demanda de moradas isoladas.

Ao se realizar a conferência em campo, verificou-se que, nos pontos identificados na carta como quedas, as mesmas ocorriam confirmando a validade do método. Porém, na extensão trabalhada em carta, de 100 metros, pode ocorrer um grande declive em cascata, oferecendo várias pequenas quedas, as quais, por si só, não representam pontos de potenciais, mas, agrupadas, fornecem um sítio atrativo energeticamente. Devido a este fator, em campo foi localizado maior número de quedas, porém, com alturas menores do que as definidas por carta. A tabela 2 apresenta as quedas identificadas em campo, com seus respectivos potenciais livres. Das medidas de campo, foram utilizadas apenas as alturas, sendo vazão e área calculadas pelo mesmo sistema anterior.

Tabela 2 – Determinação do potencial hídrico identificado em campo

PONTOS	A (km <sup>2</sup> )	Q <sub>50</sub> (l.s <sup>-1</sup> )	h (m)	POTENCIAL (W)
P <sub>1</sub>	0,55	7,21	14	1.010
P <sub>2</sub>	1,26	16,2	10	1.310
P <sub>3</sub>	0,34	4,5	15	675
P <sub>4</sub>	1,16	15,1	8	1.208
P <sub>5</sub>	1,17	15,1	7	1.057
P <sub>6</sub>	0,40	5,3	13	689
P <sub>7</sub>	1,16	15,1	7	1.057
P <sub>8</sub>	13,5	165	17	28.130
P <sub>TOTAL</sub>	-	-	-	35.136

A Figura 3 apresenta a localização das quedas identificadas em campo.

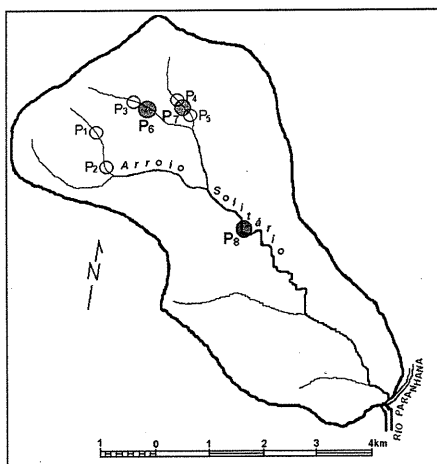


Figura 3 – Localização das quedas d'água encontradas em campo

Na Figura 3 verifica-se que as quedas identificadas por carta, de  $P_1$  até  $P_5$ , sobreviveram, porém, como mostra a tabela 2, com menor altura. Em campo também foram identificadas três novas quedas.  $P_6$  é uma queda cuja altura, na metodologia cartográfica, ficou inserida na altura da queda  $P_3$  da tabela 1. A queda  $P_7$ , que se localiza entre  $P_4$  e  $P_5$ , na metodologia cartográfica, teve sua altura registrada em uma destas na tabela 1.

O somatório das potências livres calculados pela tabela 1 se reproduzem na tabela 2 se for descontado a potência do ponto  $P_8$ .

O ponto  $P_8$ , não-identificado em carta, representa um sítio de interesse comercial, visto que se situa em local onde as margens são profundas, podendo, através de um barramento que mantenha o remanso das águas limitado ao leito do rio, obter-se uma energia superior a 3 MWh/mês, com baixo custo de implantação.

## Conclusões

A técnica de sondagem das cartas aerofotogramétricas do Exército, escala 1:50000, para localizar pontos de potencial, revelou-se uma ferramenta poderosa para auxiliar na identificação de sítios de potencial hidroenergéticos. A comparação entre o somatório do potencial medido pelo método, com o potencial medido em campo, apresentando valores muito próximos, confirmam a confiabilidade do método.

SCARTAZZINI (1994 e 1995), utilizando o Sistema Geográfico de Informações – SGI com os programas SITIM 150, SURFER e IDRISI para identificar sítios hidroenergéticos com estes softwares, encontrou uma maximização dos potenciais calculados pelos programas em relação ao potencial identificado em campo. A justificativa para esta diferença deveu-se ao fato de, em campo, a queda considerada ser puntual e com altura igual ou superior a 4 metros. Já o programa computacional, para sobrepor os diferentes planos de informações, gerou pixels de 44 por 44 metros. Para este tamanho de pixel, o programa considerou como altura de queda o desnível encontrado entre o início e o final desta extensão. Dado ao desnível do terreno, o programa identificou um número maior de quedas com este processo.

No presente trabalho, utilizando-se uma extensão de 100 metros, também se aglutina todo o desnível. Porém, a busca visual de duas ou mais curvas que se inserem dentro de uma extensão de 100 metros é uma ocorrência menos freqüente e fornece maior certeza do desnível.

O presente método (do uso apenas das cartas) revelou-se, neste trabalho, mais preciso que o método descrito, que utiliza o SGI, sendo, portanto, mais simples e mais econômico.

Contudo, mesmo o bom resultado obtido não dispensa a identificação em campo, porque este método é limitado pelo grande distanciamento entre as curvas altimétricas, plotadas de 20 em 20 metros, fazendo com que uma queda com altura inferior a 20 metros, estando isolada, passe despercebida na carta, como ocorreu com o ponto  $P_8$ .

## Referências Bibliográficas

- ELETOBRAS. **Manual de Microcentrais Hidroelétricas**. Public. do M.M.E., Brasília – DF, 1985.
- SCARTAZZINI, L. S., LANNA, A. e., RISSO, A. **Inventário do potencial hidráulico de pequenas bacias com aplicação de sistema de informações geográficas**. RBE-ABRH Vol. 12/N. 1- 1994 pg. 55-70.
- SCARTAZZINI, L. S. **Estudo do Potencial Hidráulico em Quedas de Água na Bacia do Rio Pardinho - RS**. Santa Cruz do Sul, Ed. UNISC, 1995.
- TUCCI, C. E. M. (org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3ª ed. – Porto Alegre: Ed. da UFRGS/ABRH, 2002.