

# Recuperação e Vetorização de Arquivos cartográficos do Reservatório da UHE Chavantes

Marcelo Solfa Pinto <sup>1</sup>  
Ivan Takeshi Toyama <sup>2</sup>  
Dr. Elcia Ferreira da Silva <sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Duke Energy Internatinal Geração Paranapanema  
18970-000 Chavantes SP  
[marcelo.pinto@duke-energy.com](mailto:marcelo.pinto@duke-energy.com)  
[ivan.toyama@duke-energy.com](mailto:ivan.toyama@duke-energy.com)

<sup>3</sup> ConsultGEL – Consultoria em Geomática Ltda.  
13250-240 Itatiba SP

**Resumo:** O artigo descreve a recuperação dos materiais cartográficos elaborados no início do reservatório e em estudos para a implantação do mesmo. A atividade proporciona a identificação e o mapeamento das áreas passivas, auxiliando na solução de questões de gestão patrimonial das margens do reservatório. Tem-se como exemplo, a gestão de ocupações na faixa entre as cotas, bem como as ações de georreferenciamento de imóveis confrontantes com o reservatório, que devem ter como limites a linha formada pela cota de desapropriação. Também se pode utilizar o material para avaliação de áreas com potencial para reflorestamento ou para condução de regeneração natural, visando à recuperação ambiental do entorno do reservatório. Assim o presente artigo visa apresentar o trabalho de recuperação dos arquivos cartográficos do reservatório de Chavantes, bem como algumas de suas aplicações a partir do cadastro das áreas desapropriadas para formação do reservatório.

**Palavras chave:** UHE Chavantes, Georreferenciamento, Vetorização.

**Abstract:** This paper presents the recovery of cartographic products elaborated at the beginning of the reservoir and studies to implementation of the reservoir that provides the identification and mapping of the passive areas, assistin in resolving issues of asset management of the reservoir shores. An exemple of use de maps is the management of occupations in the passive areas, as well as the actions of georeferencing of property bordering on the reservoir, which must hase limits in the expropriation line. The material also can use for exploration of areas with potential to reforest in order to compose the Permanent Preservarion Areas, around the reservoir. The present paper presents the work of recovering cartographic files of Chavantes reservoir, as well as some of its applications from the register of areas expropriated for impoundment.

**Keywords:** Chavantes reservoir, Georerefencing, Vectorization.

## 1 Introdução

Criada em agosto de 1953 pelo Governo do Estado de São Paulo, a USELPA (Usinas Elétricas do Paranapanema S.A) teve como missão promover o aproveitamento do potencial hidroelétrico do Vale do Paranapanema. A empresa foi responsável pela construção das usinas de Salto Grande, Jurumirim e Chavantes (DUKE ENERGY, 2012). Posteriormente, em 1966 foi criada a CESP (Centrais Elétricas de São Paulo), a partir da fusão de outras empresas, dentre elas a USELPA. Em 1999 ocorreu a cisão da CESP, criando a Companhia de Geração de Energia Elétrica Paranapanema. Em julho do mesmo ano, a Duke Energy foi vencedora do leilão de privatização da Companhia de Geração de Energia Elétrica Paranapanema, formando a Duke Energy International Geração Paranapanema.

Durante o período de criação da USELPA e privatização da Companhia de Geração de Energia Elétrica Paranapanema, construiu-se 8 usinas ao longo do rio, sendo elas: Jurumirim, Chavantes, Salto Grande,

Canoas II, Canoas I, Capivara, Taquaruçu e Rosana. Posteriormente, outras foram construídas, formando a cascata de geração de energia elétrica do rio Paranapanema.

O rio Paranapanema possui ao todo 11 usinas com uma potência instalada de 2.461 MW, sendo que destas usinas, 8 estão sob concessão da Duke Energy. Essas oito usinas hidrelétricas sob concessão da Duke Energy tiveram seu início de operação entre os anos de 1958 (UHE Salto Grande) a 1999 (UHE Canoas I e UHE Canoas II), sendo regularizadas ambientalmente ao longo da atuação da Duke Energy. Atualmente 96% de seu parque gerador operam com licença de operação e os demais 4% ainda em processo de regularização ambiental (TOYAMA et al, 2011).

Com capacidade total instalada de 2.307 MW, a Duke Energy é considerada uma das três maiores geradoras privadas do país, de acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Em 2009 a Duke Energy gerou 12.602 GWh, o que representou 2,8% da energia elétrica produzida no Brasil (DUKE ENERGY, 2010).

Em particular, a usina de Chavantes teve seu início de construção de 1959, sendo que o primeiro grupo gerador entrou em operação em 1970, possui hoje, potência instalada de 414 MW. A barragem da usina, localizada a 3 km abaixo da foz do rio Itararé proporciona o armazenamento de 9,4 bilhões de metros cúbicos de água, o que possibilita a regularização de grande parte da vazão média do rio, o que evita enchentes e assegura irrigação a região ribeirinha. O reservatório possui a cota normal de operação com valor de 474,00 m, e de desapropriação, 475,50 m.

A recuperação do material cartográfico elaborado no início do reservatório e em estudos para a implantação do mesmo proporciona a identificação e o mapeamento das áreas passivas, auxiliando na solução de questões de gestão patrimonial das margens do reservatório. Tem-se como exemplo, a gestão de ocupações na faixa entre as cotas, bem como as ações de georreferenciamento de imóveis confrontantes com o reservatório, que devem ter como limites a linha formada pela cota de desapropriação. Outro exemplo de área que ganha com a recuperação do material cartográfico é a gestão das áreas de canteiros, utilizadas na construção da barragem. Também se pode utilizar o material para avaliação de áreas com potencial para reflorestamento ou para condução de regeneração natural, visando a recuperação ambiental do entorno do reservatório.

Outros produtos que podem ser gerados a partir do material cartográfico são as curvas chave cota-área-volume do início do reservatório, já que o material produzido para estudos do mesmo contém a altimetria da área seca, permitindo assim, que através de novos estudos, verifique-se a ocorrência de assoreamento ou erosão no reservatório.

O mapeamento inicial da área do reservatório de Chavantes data de 1956, sendo realizado a partir de levantamento fotogramétrico e restituição em escala 1:5.000. A partir do levantamento em questão foram geradas cartas gerais do reservatório em escala 1:25.000, cartas da restituição 1:5.000 e plantas individuais dos imóveis afetados pela formação do reservatório. Devido a data de elaboração do material, a princípio, encontravam-se em papel e armazenados por meio de mapotecas, assim, com o passar do tempo, o material sofre influência de condições climáticas, provocando deformações na mídia impressa. Posteriormente, o material passou por um processo de digitalização e foi armazenado em formato TIF (*Tagged Image File Format*), e vinham sendo trabalhados neste formato.

O uso das imagens em formato TIF causava atrasos no desenvolvimento dos trabalhos e verificação de limites e intervenções, além de não consistirem em uma base confiável, já que as imagens foram simplesmente formadas a partir do escaneamento dos mapas em papel, sem passar por nenhum tipo de correção geométrica.

Visa-se assim, apresentar os produtos cartográficos, metodologias, resultados e aplicações da recuperação dos arquivos cartográficos do reservatório de Chavantes. Objetiva-se com este trabalho obter uma base cartográfica consistente e confiável, que venha atender aos quesitos de precisão geométrica para gestão patrimonial e auxílio no planejamento de atividades.

## 2 Material prospectado

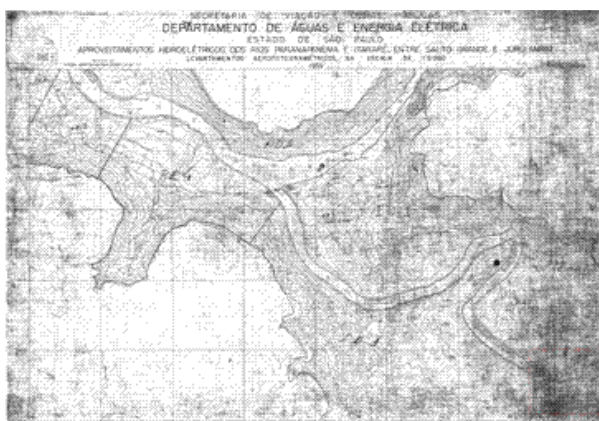
Para a realização do trabalho de recuperação dos arquivos cartográficos referentes ao reservatório de Chavantes foram utilizados mapas escaneados, sendo estes, originados a partir de levantamento

aerofotogramétrico datado de 1956, executado pela empresa Aero Sul. As escalas adotadas para as cartas do mapeamento foram 1:5.000, 1:25.000 e uma carta geral em escala 1:100.000. Utilizou-se também como material de apoio os memoriais descritivos das áreas desapropriadas, o que auxiliou na em algumas reconstituições de propriedades e extração de informações descritivas das áreas em questão. A tabela 1 apresenta um resumo do material utilizado.

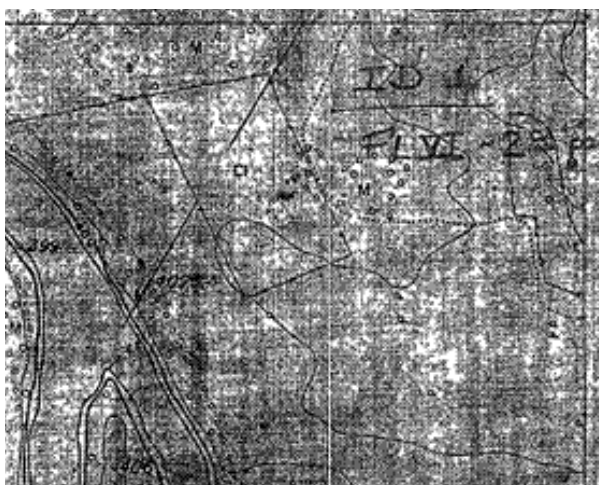
**Tabela 1** – Descrição dos produtos cartográficos utilizados no trabalho

Produto	Descrição	Quantidade – folhas
Plantas 1:5.000	Plantas dos imóveis afetados sem o uso do solo, sem quadricula. Confrontações indicadas.	1773
Cartas 1:5.000	Cartas da restituição fotogramétrica de 1956. Georreferenciadas. Com divisão das propriedades.	327
Carta 1:100.000	Carta geral georreferenciada com articulação das folhas.	1
Carta 1:25.000	Cartas 1:25.000 georreferenciadas, com as cotas e identificação dos imóveis desapropriados.	24

Devido à idade do material, datado de 1956, e ao estado de conservação dos produtos, verificou-se nos mesmos, um nível de ruído elevado em grande parte das cartas. Neste caso, pode-se definir o ruído como sendo qualquer elemento que degrada a qualidade visual da imagem (carta escaneada) e que não seja informação a ser recuperada. A figura 1 apresenta um exemplo de carta com grande quantidade de ruídos. A figura 2 apresenta um detalhe da carta apresentada com os detalhes dos ruídos.



**Figura 1** – Carta com ruídos gráficos



**Figura 2** – Trecho da carta da figura 1 com ruído gráfico

Pode-se verificar nas figuras 1 e 2, o alto nível de ruído gráfico na carta, o que inviabiliza a utilização de processos automáticos ou semi-automáticos de vetorização, sendo que esta deve ser realizada de forma manual, visto que os algoritmos de vetorização automática ou semi-automática, podem vetorizar feições erradas.

Na análise dos produtos georreferenciados, que os mesmos não estavam na projeção UTM (Universal Transversa de Mercator), e nem todos possuíam indicação de sistema de referência. Em pesquisa documental e considerando-se a época de produção do material, concluiu-se que os mesmos estão na projeção Gauss Krueger, referenciados ao sistema Córrego Alegre. Tal característica exigiu a transformação dos dados entre projeções e referenciais.

### 3 Metodologia e desenvolvimento do trabalho

A metodologia técnica e operacional de desenvolvimento do trabalho foi estabelecida considerando as atividades necessárias para a recuperação dos arquivos cartográficos do reservatório de Chavantes. Inicialmente, desenvolveu-se uma etapa de planejamento, no qual foi realizado o levantamento e análise do material disponível, bem como a definição dos softwares a serem utilizados. Também verificou-se a necessidade de trabalhos de campo para refinamento da transformação entre referenciais.

Posteriormente, elaborou-se o fluxo de trabalho para realização da vetorização, georreferenciamento e edição dos dados. Tal fluxo só pode ser elaborado após a etapa de planejamento, pois sem uma análise criteriosa do material disponível e seleção das ferramentas, o trabalho em si poderia ser comprometido devido a questões de repetição de atividades com diferentes estratégias. A figura 3 apresenta um fluxograma geral do trabalho realizado.



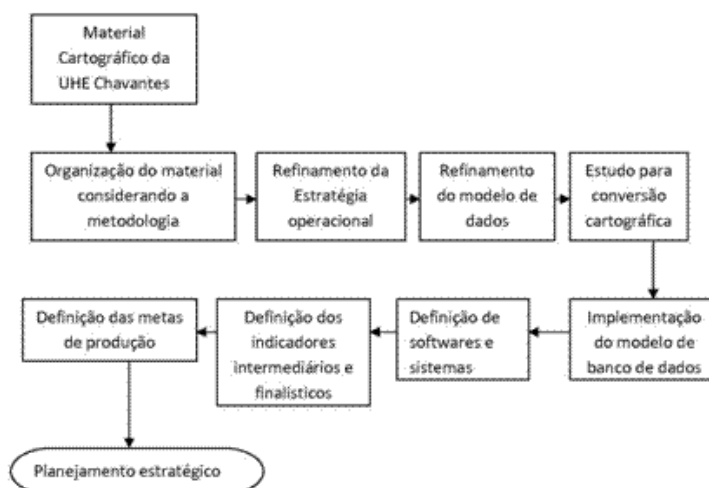
**Figura 3** – Fluxograma geral do desenvolvimento do trabalho

Verifica-se na figura 3, um processo iterativo entre o georreferenciamento dos dados e o trabalho de campo, sendo este realizado sempre que necessário para solucionar dúvidas sobre as transformações entre referenciais e possíveis verificações. Ao final do trabalho, obteve-se a base cartográfica do reservatório de Chavantes em formato vetorial, georreferenciado em SIRGAS 2000, utilizando a projeção UTM.

#### 3.1 Planejamento

Esta etapa ocorreu anteriormente à execução propriamente dita dos trabalhos. Realizou-se nesta etapa a análise do material, verificação de padrões de qualidade e definição de ferramentas para a execução do mesmo. Também gerou-se um dicionário de dados para a inserção dos dados descritivos das áreas desapropriadas, permitindo que o material final esteja em formato que permita alimentar um SIG Patrimonial. O fluxograma apresentado na figura 4 ilustra as atividades da etapa de planejamento. Verifica-se na figura, que mesmo após a determinação prévia de um processo metodológico, o mesmo passa por uma revisão tendo em vista a análise realizada do material.

No desenvolvimento do trabalho foram utilizados basicamente dos softwares ArcGIS, AutoCAD e TopoEVN. O primeiro foi utilizado para a preparação dos dados no formato SIG, o segundo software para vetorização das cartas, e com o TopoEVN foram gerados os memoriais descritivos das áreas desapropriadas.



**Figura 4** – Fluxograma da etapa de planejamento

### 3.2 Desenvolvimento

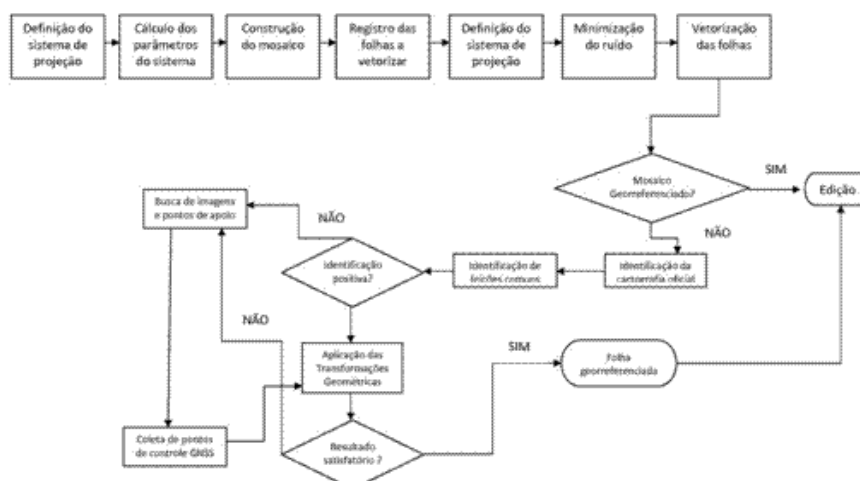
O processo de recuperação dos arquivos cartográficos foi realizado a partir da vetorização e georreferenciamento das cartas e plantas produzidas durante os levantamentos de estudo e mapeamento do reservatório de Chavantes. Como dito anteriormente, tais produtos foram gerados a partir de levantamento aerofotogramétrico, resultando em produtos com diferentes escalas.

O processo de vetorizar uma carta pode ser definido como converter uma imagem num conjunto de traços que podem ser definidos por formulação matemática. Assim, converte-se um arquivo no formato matricial para outro em formato vetorial, permitindo diferentes análises que são vinculadas a dados vetoriais.

Para a atividade de vetorização, definiu-se para o produto final, o sistema de referência SIRGAS 2000, e como projeção a UTM. Exigindo que se use parâmetros de transformação entre referenciais e projeções, já que os dados originais estão na projeção Gauss Krueger, referenciados ao sistema Córrego Alegre.

Para o georreferenciamento das folhas na projeção e sistemas de referências selecionados para os produtos finais, foram utilizados pontos de controle coletados em campo com receptores GNSS (*Global Navigation Satellite System*) bem como produtos pertencentes à cartográfica oficial, quando disponível para a área em questão.

Definidos os parâmetros de caracterização do produto final, deu-se início ao processo de produção dos dados. A figura 5 apresenta a ordem de desenvolvimento do trabalho.



**Figura 5** – Fluxograma de realização de trabalho

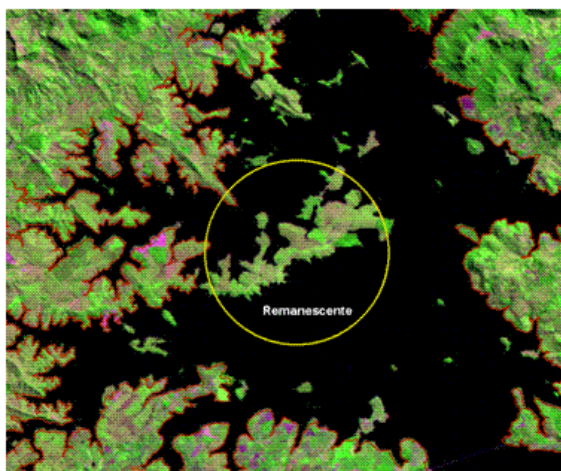
## 4 Resultados e aplicações

O projeto obteve como resultado final a base cartográfica do reservatório de Chavantes, mapeada em SIRGAS 2000 com geometrias referentes as áreas desapropriadas, curvas de nível da restituição fotogramétrica, hidrografia unifiliar e bifiliar, divisas municipais e estaduais, e os limites do reservatório, cotas de desapropriação e normal de operação.

A ligação das geometrias das áreas desapropriadas com informações descritivas das mesmas permitiu a realização do cadastro completo georreferenciado das áreas em questão, o que facilitou o acesso as informações descritivas e rápida localização das áreas em questão. Trabalha-se a partir de então, com duas bases de dados, uma somente descritiva e com armazenamento de grande quantidade de documentos sobre as áreas e outra, georreferenciada, que apresenta o polígono referente a cada área e as informações de forma resumida sobre cada propriedade.

Devido a precisão adquirida no produto final, a base auxilia nas atividades de respeitabilidade de limites, permitindo uma pré-análise do georreferenciamento das propriedades vizinhas ao reservatório, verificando se há compatibilidade entre a cota levantada pelo profissional e a cota de desapropriação. Também permite identificar áreas de remanescentes não alagáveis, que podem ter potencial ao reflorestamento, além de auxiliar na inferência sobre construções nas margens do reservatório.

A figura 6 apresenta um exemplo de detecção de área remanescente, dentro da área do reservatório.



**Figura 6** – Área de remanescente



**Figura 7** – Relacionamento entre propriedade e pessoa física/jurídica

Através da ligação das informações descritivas das propriedades, com a geometria, é possível elaborar mapas temáticos da relação entre as propriedades e as pessoas físicas/jurídicas relacionadas as mesmas, como mostra a figura 7.

Conclui-se que o trabalho de recuperação de arquivos cartográficos e cadastro das propriedades atingidas pela formação do reservatório é de grande valia na gestão patrimonial da área do reservatório e seu entorno, pois proporciona agilidade na análise inicial de processos de respeitabilidade de limites e de uso e ocupação das margens do reservatório, além de possibilitar o acesso rápido ao polígono nas áreas em questão.

## 5 Referência Bibliográficas

DUKE ENERGY. **Relatório Anual da Administração 2009**. São Paulo, 2010. 8p.

DUKE ENERGY; DFREIRE. **Relatório para licenciamento ambiental da Usina Hidrelétrica de Chavantes. Volume I e II**. Chavantes, 2002. 255p.

TOYAMA, I.T.; CONRADO FILHO, M.; MOREIRA, M.S.P. Regularização ambiental de empreendimentos hidrelétricos sob concessão da Duke Energy. In: **XXI SNPTEE – Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica**. Florianópolis, out-2011.