

# Modelagem do Consumo de Energia Elétrica, Fontes de Geração e Preservação Ambiental, Ijuí e Região

Antônio Édson Corrente<sup>1</sup>, Arlete Cherobini<sup>2</sup> e Ruth Marilda Fricke<sup>3</sup>

Departamento de Física, Estatística e Matemática, DeFEM, UNIJUI

Rua São Francisco, 501, Bairro São Geraldo

98 700-000, Ijuí, RS

e-mail: [corrente@unijui.tche.br](mailto:corrente@unijui.tche.br), e-mail: [arletecherobini@bol.com.br](mailto:arletecherobini@bol.com.br), e-mail: [frickerm@brturbo.com.br](mailto:frickerm@brturbo.com.br)

**Resumo:** Este artigo analisa a evolução da produção de energia elétrica própria em PCHs em Ijuí (RS) como função da demanda. Após o impacto do anúncio do racionamento de energia no Brasil em 2001, as ameaças na região tornaram-se frequentes. Ano após ano, entram em pauta alguns questionamentos como: Tendo a produção própria, porém, parcial de energia na região, será mesmo necessário o racionamento? E os custos não poderiam ser menores para os consumidores? O presente trabalho se propõe a avaliar a tendência das variáveis, demanda, consumo, energia elétrica produzida na região e comprada e o número de consumidores, para uma posterior modelagem com a finalidade de estabelecer metas visando um melhor aproveitamento dos recursos naturais da região de Ijuí. A região de Ijuí possui uma geografia propícia a geração de energia elétrica, com seus rios e com as diversas quedas de água existente, a qual, aparentemente ainda é subaproveitada. A região conta com duas estações de energia elétrica: a Usina do Passo do Ajuricaba (UPA) que gera cerca de 26% da energia e a Usina Velha com cerca de 4%. Dessa maneira, apesar de suas potencialidades ainda é dependente de energia externa. O departamento Municipal de Energia de Ijuí – DEMEI, hoje, é responsável pela concessão dos serviços de energia no município de Ijuí, com aproximadamente 24.000 consumidores, atingindo um faturamento mensalmente em torno de 7.000 MWH e uma das metas do DEMEI é produzir 60% da energia consumida. Os dados foram fornecidos pelo DEMEI, dados estes desde o ano de 1995, mês a mês, que estão informatizados e disponíveis, porém a região conta com a produção de energia deste o ano de 1942. Esses registros estão em livros já arquivados nos quais pretendemos e temos autorização para fazer o levantamento, posteriormente. Com base nos dados foi proposta uma avaliação da tendência através da representação gráfica para um posterior ajuste através dos modelos de regressão linear simples, múltiplo e não lineares por transformação linear e o ajuste quadrático. Buscou-se também o ajuste das variáveis em função do tempo.

## 1. Introdução

Para este primeiro momento levantamos as variáveis: A produção de energia pelas hidrelétricas da região; A energia comprada pela região; O consumo de energia elétrica pela população de Ijuí; As perdas de energia elétrica da fonte até o consumidor; A vazão de água pelos rios. A continuidade da pesquisa prevê o estudo num segundo momento: Os custos da produção de energia e os custos para o consumidor; O estudo da incidência de chuvas na região nas diferentes épocas do ano, visando a viabilidade das hidrelétricas na região; Verificar o aproveitamento da geografia favorável a geração de energia elétrica; Elencar elementos para subsidiar a conscientização da população sobre a importância da homogeneidade na distribuição das chuvas na produção de energia; Caracterizar a contribuição da geração de eletricidade das hidroelétricas do município para o desenvolvimento local e regional; Levantar dados referentes a investimentos efetuados na rede local e regional para a manutenção e melhora no fornecimento de energia; Verificar a importância das Hidrelétricas como espaços de turismo na região.

Sabe-se que as hidrelétricas da região exercem um impacto ambiental, uma vez que nos períodos de escassez de chuva, necessita-se da interrupção temporária da produção de energia, com a finalidade de acumular água, aumentando o seu nível para que possa haver produção de energia nos horários de pico onde a “energia é mais cara”, com isso há alteração no ciclo natural do meio ambiente. No estudo inicial das variáveis partimos da hipótese de linearidade das mesmas, e que as interrupções na produção exercem influência negativa no meio ambiente.

Gilberto Jannuzzi, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) alerta para o “grande risco dos recursos gerados pelos fundos setoriais também privilegiarem apenas os investimentos em tecnologias economicamente mais vantajosas para as empresas, sem preocupação com a investigação de fontes ambientalmente mais limpas ou socialmente mais justas e a falta de estudos referente ao impacto ambiental causado pelas hidrelétricas”. Acrescenta, “O que falta é a noção de interesse público, para direcionar os recursos para projetos que privilegiam o meio ambiente e o

<sup>1</sup> Professor do DeFEM

<sup>2</sup> Aluna do Mestrado em Modelagem Matemática da UNIJUI

<sup>3</sup> Professora do DeFEM

atendimento social", Jannuzzi, 2001, [14 e 15]  
 Para os especialistas, da USP e da Unicamp, "diversificar a oferta de energia é torná-la menos dependente de organismos centralizadores, que caracterizam o sistema energético nacional, são as alternativas apontadas para mudar a matriz energética brasileira. Cada região deveria ter maior autonomia em relação às fontes, decidindo como deve se apropriar de seus recursos de forma ambientalmente correta", observa Bermann, 2001, [12 e 13].

## 2. Principais Resultados

O primeiro estudo realizado avalia a série temporal da produção de energia própria e a comprada.

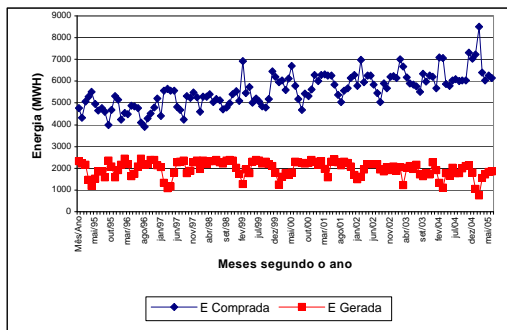


Figura 1: Evolução Energia Comprada e gerada

A energia gerada apresenta um leve crescimento até por volta de meados de 2001, e após este período segue apresentando grandes variações na produção com uma leve diminuição. A diminuição na produção deve-se ao fato da depreciação das turbinas, causada pelo calor e pelo trabalho constante ao longo dos anos e principalmente pelo baixo nível das águas em períodos de estiagem. A Energia comprada apresenta um crescimento com grandes variações, variações esta que dependem da energia gerada.

Ao avaliarmos a variável número de consumidores em relação ao tempo temos um padrão fortemente linear com um coeficiente  $r^2 = 99,2\%$  e  $b = 47,3$  que representa o crescimento médio mensal no número de consumidores.

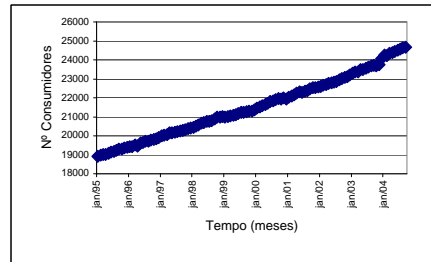


Figura 2: Número consumidores x tempo

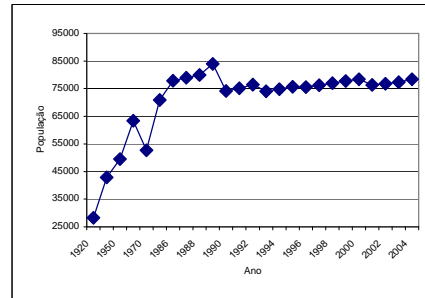


Figura 3: Crescimento populacional

O gráfico acima mostra o crescimento no número de consumidores da região. A região de Ijuí depende da produção agrícola, porém temos a UNIJUÍ- Universidade de Ijuí, que atrai um número considerável de consumidores. Ao avaliarmos o crescimento populacional vê-se o padrão linear crescente até o ano de 1989, e a partir daí a uma nova e significativa diminuição da população, após o ano de 1990 há uma tendência a estabilizar o crescimento populacional, chegando ao nível, que parece não ser mais ultrapassável. A estabilização no crescimento populacional de Ijuí deve-se a falência de grandes indústrias existentes na cidade na época, por questões políticas e o fracionamento causado pelo desmembramento de distritos em pequenos municípios, por outro lado, o número de componentes dos grupos familiares diminui em função do planejamento familiar, passando para uma média de 3 membros por grupo, sendo que anteriormente tínhamos uma média em torno de 4 a 5 membros por família. Sendo assim, o crescimento constante no número de consumidores, sugere a entrada de novos consumidores atendendo a "demanda reprimida" existente na cidade.

Ao avaliarmos a variável número de consumidores em relação ao tempo temos um padrão fortemente linear com um coeficiente  $r^2 = 99,2\%$  e  $b = 47,3$  que representa o crescimento médio mensal no número de consumidores. No entanto no cruzamento da variável Energia Vendida com o Número de Consumidores, temos um padrão sistemático, causado pelas variações da

variável venda que faz do ajuste geométrico o melhor, ou seja, pelo ajuste linear temos um poder de teste de  $r^2 = 63\%$  e pelo geométrico  $r^2 = 64\%$ . Através do ANAVA ambos os ajustes apresentam um nível altamente significativo, porém o *F de significância* do ajuste geométrico é maior que o linear.

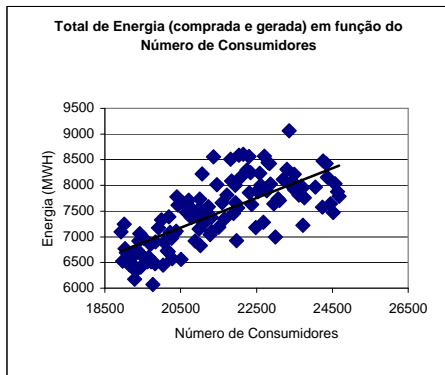


Figura 3: Energia total em função do Número Consumidor.

A oscilação na energia consumida segundo o número de consumidores tem a ver com o desligamento de energia pela falta de pagamento por parte dos consumidores, por períodos de crise econômica, gerando desemprego e conseqüentemente a retração nas compras de aparelhos eletrônico e conseqüente diminuição no consumo, a vacância de domicílios, causada pelos moradores temporários, estudantes de outras regiões que estudam na Universidade, etc.

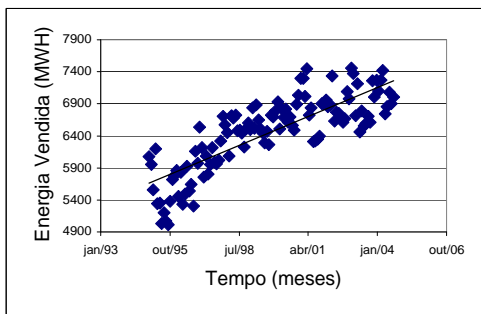


Figura 4: Energia Vendida em função do tempo

A variável Energia Vendida em relação a variável tempo apresenta uma tendência linear até meados de 1999 apresentando a partir daí uma mudança na curvatura, estabilizando o crescimento. Uma vez que o ajuste exponencial mostrou um  $r^2 = 65,9\%$

levemente superior ao ajuste linear que foi de  $r^2 = 65\%$ , optou-se por este modelo. Os coeficientes do ajuste exponencial foram  $a = 8,8$  e  $b = 0,022$  ambos com um  $p < 0,01$ .

Os dados referentes a Variável Energia Vendida e Total de Energia (comprada e produzida) se adaptaram melhor ao ajuste pelo modelo Quadrático, que vem representar melhor o padrão de comportamento dos dados, o que podemos visualizar pelo diagrama de dispersão, onde se verifica novamente um padrão sistemático das variáveis.

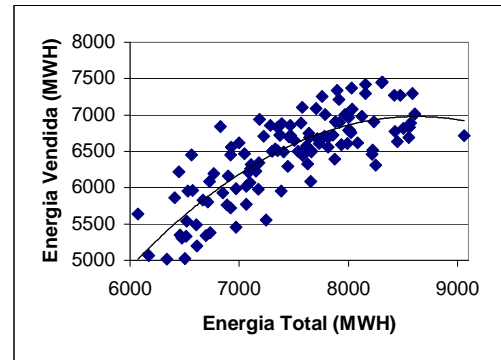


Figura 5: Energia vendida em função da energia total

Assim os coeficientes obtidos foram  $a = -15434,7$  e  $b = 5,2$  e  $c = -0,0003$ , todos obtiveram um  $p < 0,01$  com um poder explicativo de  $r^2 = 66\%$  e um *F de significância* de ajuste, altamente significativo. A tendência apresentada pelos dados se confirma com os dados atuais, pois tanto a energia comprada como produzida tem se mantido, uma vez que a população não apresentou crescimento significativo.

Ao cruzarmos a Variável Energia Vendida (MWH) com a variável Energia Comprada em (MWH) e Energia Gerada em (MWH), através do modelo linear múltiplo, temos a participação no consumo por cada categoria. Os coeficientes obtidos foram  $b_0 = 1485,14$ ,  $b_1 = 0,699$  e  $b_2 = 0,572$  com um  $P < 0,01$  para os três coeficientes e *F de significância* altamente significativo.

A variável vazão de água apresentado pelas PCHs, estão representados na F6 e F7.

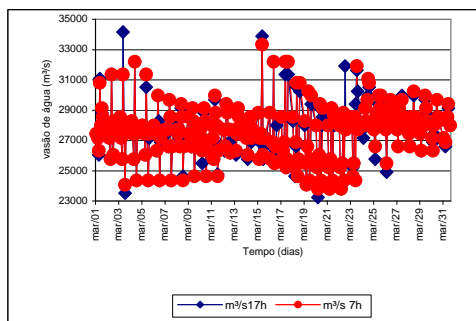


Figura 6: Vazão de água diária da usina Velha

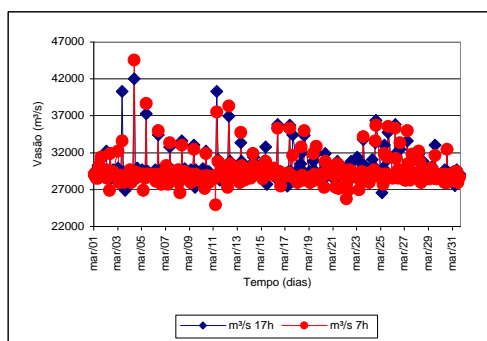


Figura 7: Vazão de água UPA

A usina Passo do Ajuricaba possui uma régua, para mensuração do nível da água, de 7 metros de altura e a usina Velha uma régua de 4 metros, no entanto, com o nível da água na marca dos 2 metros o marcador em ambas as usinas acusa o nível zero, que é o nível ideal de vazão de água para a produção de energia, o que equivale a  $28000 \text{ litros/s}$ . A média da vazão tem sido a maior dos últimos anos, em especial na última década. A vazão média *hoje* é maior, enquanto a vazão *permanente* é menor, isto, deve-se ao fato do desmatamento e conseqüentemente a drástica redução dos banhados, comuns na região, que outrora eram detentores de água. Assim, o volume de água dos rios da região hoje, depende exclusivamente do nível de incidência das chuvas. A Usina Velha é banhada pelo rio Potiribu, que apresenta hoje uma média de  $28700 \text{ litros/s}$  enquanto que a Usina de Passo do Ajuricaba, banhada pelo rio Ijuí, apresenta uma média  $29900 \text{ litros/s}$ .

### 3. Conclusão

As alterações sofridas pela natureza, com o desmatamento desenfreado, alteraram o meio

ambiente, negativamente, criando dificuldade nos diversos setores da sociedade, refletindo na instabilidade climática que se apresenta hoje. Os períodos precedidos por longos períodos de seca, acarretam na diminuição gradativa do nível de água gerando grandes dificuldades na produção de energia. Nos dias críticos, com o nível de água baixo, como por exemplo: com um nível de  $5600 \text{ litros/s}$ , as duas turbinas de cada usina são mantidas funcionando com uma produção de apenas 20%, com um nível de  $2800 \text{ litros/s}$ , apenas uma turbina é mantida funcionando e a níveis mais baixo ambos são paradas, com a intenção de acumular água para que haja produção nos horários de pico, onde a energia consumida é mais cara. A produção de energia depende do bom clima anual com períodos grande de chuva.

A simples interrupção temporária das águas acarreta o que chamamos de impacto ambiente, pois abaixo das barragens os peixes agonizam nas poças barrentas de água, interferindo na qualidade do pescado para consumo humano. A introdução de mais uma turbina, em ambas as PCHs, com certeza provocará um grande impacto ambiental.

Através dos dados observa-se ainda que para *cada consumidor* ao longo do tempo avaliado *foi necessário*  $0,35 \text{ MWH}$  de energia. Sendo assim, para um total de 25000 consumidores o município necessitaria de aproximadamente  $8750 \text{ MWH}$  de energia.

A partir do ajuste de curvas temos clara a idéia de que a energia vendida tende a diminuir consideravelmente e devendo estabilizar com o passar do tempo uma vez que o número de consumidores segue crescendo porém oriunda de uma parcela reprimida da população com uma média de 47 novas ligações mensais, porém ligações em residências familiares. Isto se não houver uma mudança inesperada, porém positiva, que venha a incentivar o crescimento populacional.

A população própria de energia pelas PCHs da cidade vem a beneficiar o próprio município (o DEMEI), e não diretamente a população que paga os mesmos valores que municípios vizinhos.

A produção de energia própria pelo município não o isenta de um possível e futuro racionamento, pois a produção depende exclusivamente do nível de água dos rios que banham as usinas.

### 4. Referências bibliográficas

1. BRAUM, R. Desenvolvimento ao ponto

sustentável: novos paradigmas ambientais.  
Petrópolis: Ed. Vozes, 2001.

2. BASSANEZI, R. C. Ensino-aprendizagem com MODELAGEM MATEMÁTICA. Editora CONTEXTO São Paulo - SP. 2004.
3. BUSSAB, W.O.; MIAZAKI, E.S.; ANDRADE, D.F. Introdução à Análise de Agrupamentos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA.1990. 105p.
4. CAMARGO, C. C. B.; BORENSTEIN, C. R. Setor Elétrico no Brasil dos Desafios do Passado as Alternativas do Futuro. Ed. Sagra-Luzzatto, 1997. 318 p.
5. DOORNIK, J. A.; HENDRY D. F. Modeling Dynamic Systems Using PcFiml – 9.0 for Windows. International Thompson Publishing, London. 1997.
6. GRAYBILL, F.A. Theory and application of the linear model. Belmont: Duxbury Press, 1976. 704 p.
7. MARDIA, K.V.; KENT, J.T.; BIBBY, J.M. Multivariate analysis. London: Academic Press, 1979. 518p.
8. REIS, B. L.; SILVEIRA, S. Energia Elétrica para o Desenvolvimento Sustentável. Introdução de uma visão multidisciplinar. EDUSP, 2000. 284 p.
9. SEBER, G.A.F. Linear regression analysis. New York: John Wiley, 1977. 465 p.
10. SNEDECOR, G.W.; COCHRAN, W.G. Statistical methods. Iowa: The Iowa State University Press, 1980. 507 p.
11. MONTGOMERY, C. D.; RUNGER C. G. Probabilidad y Estadística, aplicadas a la Ingeniería. Editora McGraw-Hill - Arizona State University. 1996.
12. [http://www.amazonia.org.br/opiniao/artigo\\_detail.cfm?id=14806](http://www.amazonia.org.br/opiniao/artigo_detail.cfm?id=14806)
13. <http://www.amazonia.org.br/opiniao/print.cfm?id=14806>
14. <http://www.comciencia.br/reportagens/energiaeletrica/energia09.htm>
15. <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./energia/index.html&conteudo=./energia/artigos/planejamento.html>

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.