

# REVISTA

# SODEBRAS

SOLUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PAÍS

VOLUME 7 - Nº 77 - Maio / 2012  
ISSN - 1809-3957

## ARTIGOS PUBLICADOS

---

PUBLICAÇÃO MENSAL  
Nesta edição

- EFEITOS DO TRATAMENTO NEONATAL COM GLUTAMATO MONOSSÓDICO (MSG) SOBRE O PARÊNQUIMA DA GLÂNDULA SALIVAR PARÓTIDA DE RATOS ADULTOS – Dinéia Tessaro, Sandra Lucinei Balbo, Ângela Maria Pereira Alves ..... 03
- APLICAÇÕES INDUSTRIAIS DA TECNOLOGIA DE IRRADIAÇÃO POR FEIXE DE ELÉTRONS - M.Z.Fortes e F.N.C.Sousa ..... 08
- FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA - TENDÊNCIAS E PERSPECTIVAS PARA O PLANEJAMENTO ENERGÉTICO EMERGENTE NO BRASIL - Gerson Tiepolo, Osíris Canciglieri Jr. .... 12
- A DIALÉTICA APLICADA À ÁREA AMBIENTAL: EDUCAÇÃO DE ADULTOS SOBRE OS RISCOS DO CROMO HEXAVALENTE - Anaraí Poletto De Christo, Michelle Sato Frigo, Elisandro Pires Frigo, Dinéia Tessaro .... 22



Atendimento:  
sodebras@sodebras.com.br  
Acesso:  
<http://www.sodebras.com.br>



## EFEITOS DO TRATAMENTO NEONATAL COM GLUTAMATO MONOSSÓDICO (MSG) SOBRE O PARÊNQUIMA DA GLÂNDULA SALIVAR PARÓTIDA DE RATOS ADULTOS

ISSN 1809-3957

DINÉIA TESSARO<sup>1\*</sup>; SANDRA LUCINEI BALBO<sup>2</sup>; ÂNGELA MARIA PEREIRA ALVES<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>unioeste- Universidade Estadual Do Oeste Do Paraná;

<sup>3</sup>uem – Universidade Estadual De Maringá

Autor Correspondente: DiteSSaro@Yahoo.Com.Br

**Resumo** - A obesidade é considerada uma epidemia crescente em escala mundial e tem sido alvo de muitos estudos, utilizando modelos de obesidade experimental, dentre eles o modelo MSG. O tratamento neonatal com glutamato monossódico (MSG), produz lesões em núcleos hipotalâmicos, levando a distúrbios neuroendócrinos, resistência à insulina e obesidade, instaurando um quadro similar ao diabetes tipo II, podendo alterar a morfologia e funcionamento das glândulas salivares. Desta forma, este trabalho teve por objetivo avaliar aspectos quantitativos do parênquima da glândula salivar parótida de ratos adultos tratados com MSG. Ratos machos Wistar receberam durante os 5 primeiros dias de vida 4g/Kg/ do peso corporal/dia de MSG e o grupo controle recebeu solução salina, sendo mortos aos 90 dias de vida. As glândulas salivares parótidas foram extraídas, pesadas e submetidas ao processamento histológico, às gorduras retroperitonal e periepídidimal foram retiradas e pesadas e o plasma foi coletado para a avaliação da glicemia e insulina de jejum. O peso das gorduras foi 41,4% e 21,6.7% respectivamente maior no grupo MSG, bem como a insulinemia. O tamanho e peso da glândula parótida foram 13,41% e 28,57% maiores, respectivamente, nos animais controle quando comparados ao grupo MSG, enquanto que a densidade de ácinos e ductos intercalares dos grupos estudados foi semelhante.

**Palavras-chave:** Obesidade, diabetes mellitus, glândula salivar parótida

### I. INTRODUÇÃO

A obesidade definida como aumento da quantidade de gordura corporal (20), é considerada uma doença universal e de caráter epidêmico, acarretando um problema de saúde pública, sendo associada a uma série de outros malefícios, dentre eles o diabetes tipo II (ADEYEMO et al, 2007; ARONNE, 2001; ARONNE & ISOLDI, 2007). Várias evidências reforçam a hipótese de que o sistema nervoso autônomo (SNA) desempenha papel chave na instalação e desenvolvimento da obesidade (BRAY, 1991).

Diversos modelos animais de obesidade vêm sendo desenvolvidos na busca de melhor entender as causas e as consequências dessa doença. A administração neonatal de L-glutamato monossódico (MSG) provoca morte de neurônios hipotalâmicos, afetando principalmente o núcleo arqueado (ARC), altera o controle do peso corporal e induz obesidade (OLNEY & SHARPE, 1969). Esses animais apresentam na vida adulta crescimento corporal reduzido, normo ou

hipofagia (BALBO et al., 2000), grande acúmulo de gordura, reduzida massa muscular, baixa atividade motora, hiperinsulinemia de jejum, resistência à insulina (BALBO et al., 2007), bem como, menor produção de hormônio do crescimento (GH) (MAITER, 1991), hipercorticosteronemia, hiperleptinemia, menor atividade da proteína translocadora de glicose GLUT-4 e menor atividade do tecido adiposo marrom (HIRATA et., 1997), instaurando um quadro similar ao diabetes tipo II.

Dentre as inúmeras complicações decorrentes do diabetes *mellitus*, estão as alterações morfofisiológicas das glândulas salivares, que se expressam em problemas orais, devido a degeneração celular extensa em que há a substituição de células parenquimais por tecido conjuntivo fibroso (ANDERSON et al., 1990), acúmulo de lipídeos (MORRIS et al., 1992), infiltração de linfócitos, modificações no fluxo e na composição da saliva, no conteúdo e síntese de proteínas e no metabolismo de carboidratos (HAND & WEISS, 1984).

Embora a literatura pertinente verse sobre as alterações morfofisiológicas das glândulas salivares em decorrência dos efeitos de diferentes condições fisiopatológicas e seus respectivos tratamentos e, ainda considerando que o efeito do tratamento neonatal com MSG sobre a estrutura da glândula salivar parótida é desconhecido na literatura. Sendo assim, o objetivo foi o de avaliar os aspectos quantitativos do parênquima da glândula salivar parótida de ratos adultos tratados com MSG.

### II. MATERIAL E MÉTODOS

Os ratos foram obtidos no Biotério Central da UNIOESTE. Posteriormente, no Biotério Setorial do Laboratório de Fisiologia Humana, foram realizados os cruzamentos do tipo harém, numa proporção de três fêmeas para um macho, sendo as condições de luminosidade e temperatura controladas. Após o nascimento, seis filhotes machos permaneceram com suas respectivas mães até completarem 21 dias de vida, período em que foram submetidos ao desmame.

**Obtenção dos grupos:** Ratos Wistar machos pertencentes ao grupo MSG receberam injeções subcutâneas na região cervical nos primeiros cinco dias

de vida, na dosagem de 4g de MSG/kg de peso corporal/dia. Os animais pertencentes ao grupo Controle (CON) receberam injeções com solução salina hiperosmótica, 1,25g/kg de peso corporal/dia. Os ratos foram agrupados por tratamento, em caixas plásticas, com água e ração comercial *ad libitum*, até o final do experimento, aos 90 dias de vida.

**Obtenção das glândulas parótidas e processamento do material:** Aos 90 dias de vida, os animais foram sacrificados e então realizada a extração das parótidas, as quais foram pesadas, mensuradas, lavadas em solução salina (NaCl 0,9%), e transferidas para solução de formalina 10% por um período mínimo de 12 horas, para fixação dos tecidos glandulares. Logo após este período, as mesmas foram novamente lavadas em água potável e colocadas em álcool 70%, onde permaneceram até o processamento histológico de rotina. Para cada animal foram feitos cortes histológicos com 6 micrômetros de espessura por bloco e, em seguida submetidos à técnica Hematoxilina-Eosina (HE) para análise microscópica.

**Parâmetros para a avaliação da obesidade:** Para a avaliação da instalação da obesidade foram utilizados os seguintes parâmetros:

- **Índice de Lee** – Na data do sacrifício dos animais foi efetuada a medida naso-anal (CNA) para o cálculo do índice de Lee, um indicador indireto de acúmulo de gordura. Este índice é calculado pela raiz cúbica do peso corporal dividido pelo CNA: [peso corporal 1/3 (g)/ comprimento naso-anal (cm)], (BERNARDIS & PATTERSON, 1968).

- **Peso de gordura** – as gorduras periepididimal e retroperitoneal foram retiradas e pesadas.

**Glicemia e insulinemia:** Após 12 horas de jejum, os animais foram mortos e a glicemia foi avaliada com o auxílio do glicosímetro e o plasma foi coletado para posterior dosagem de insulina pelo método de radioimunoensaio.

**Análise quantitativa do parênquima das glândulas salivares parótidas:** A contagem de ácinos e ductos foi realizada em microscópio óptico Olympus, utilizando objetiva de 100X, nos cortes histológicos submetidos à técnica de coloração HE. Ácinos e ductos intercalares foram contados em 30 campos microscópicos escolhidos ao acaso em cada lâmina. Meios ácinos e/ou ductos foram contados em campos alternados.

**Análise estatística:** Os dados coletados foram submetidos a testes estatísticos de análise de variância e t de Student para comparação entre os grupos, utilizando o software estatístico Sisvar versão 4.6.

**Documentação fotográfica:** As fotomicrografias do material selecionado foram realizadas utilizando-se fotomicroscópio Olympus BX60. Diferentes aumentos foram empregados, conforme necessidade de melhor representar as características do parênquima glandular avaliado.

### III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O peso corporal e o CNA foram 18% e 17% menores, respectivamente, nos animais do grupo MSG

em relação ao grupo controle. No entanto, o índice de Lee e o peso das gorduras retroperitoneal e periepididimal foram 13%, 71% e 28% maiores, respectivamente, no grupo MSG em relação ao grupo CON (Tabela 1).

**Tabela 1** - Efeito do tratamento neonatal com MSG sobre Peso Corporal, comprimento naso-anal (CNA), Índice de Lee, Gorduras retroperitoneal e periepididimal de ratos aos 90 dias de vida Os valores são expressos como média ± erro padrão da média. Médias seguidas por · na mesma linha apresentam diferenças significativas (teste t – p<0,05)

PARÂMETROS	CON	MSG
Peso(g)	300,09±4,36	246,67±5,76
CNA (cm)	21,97±0,30	18,16±0,22
Índice de Lee	305,13±3,93	345,44±2,81
Gordura Retroperitoneal (g/100g de peso corporal)	1,09±0,004	1,86±0,11
Gordura Periepididimal (g/100g de peso corporal)	1,12±0,03	1,43±0,008

Na Tabela 2 observa-se que os valores de glicemia em jejum foram semelhantes em ambos os grupos, CON e MSG. Todavia a insulinemia de jejum foi 2,8 vezes maior no grupo MSG.

**Tabela 2** - Efeito do tratamento neonatal com MSG sobre a glicemia e insulinemia. Os valores são expressos como média ± erro padrão da média. Os valores são expressos como média ± erro padrão da média. Médias seguidas por · na mesma linha apresentam diferenças significativas (teste t – p<0,05)

PARÂMETROS	CON	MSG
Glicemia (mg/ dl)	105 ± 2,7	113 ± 3,9
Insulinemia (ng/mL)	0,30 ± 0,04	0,85± 0,05

Ao analisarmos os aspectos referentes ao tamanho e peso da glândula salivar parótida, observou-se que estes eram 13,41% e 28,57% menores, respectivamente, no grupo MSG, quando comparados ao grupo C (Tabela 3).

**Tabela 3** - Efeito do tratamento neonatal com MSG sobre o tamanho (T) e peso da glândula (PG) salivar parótida. Os valores são expressos como média ± erro padrão da média. Os valores são expressos como média ± erro padrão da média. Médias seguidas por · na mesma linha apresentam diferenças significativas (teste t – p<0,05).

PARÂMETROS	CON	MSG
T (mm)	16,4 ± 1,34	14,2 ± 1,64
PG (g)	0,07 ± 0,007	0,05 ± 0,012

Na Tabela 4 são apresentados os valores médios de ácinos e ductos intercalares da glândula salivar parótida, demonstrando que não ocorreram diferenças significativas para estes parâmetros entre os grupos MSG e COM. Observou-se valores de 10,59 e 10,93 ácinos

para o grupo CON e MSG, respectivamente, enquanto que para os ductos estes valores foram de 0,30 e 0,36, respectivamente.

**Tabela 4** - Densidade média de ácinos e ductos intercalares da glândula salivar parótida de ratos CON e MSG em 8,36 mm. Os valores são expressos como média ± erro padrão da média. Médias seguidas por · na mesma linha apresentam diferenças significativas (teste t – p<0,05). A= animal

Densidade ácinos					
	A1	A2	A3	A4	A5
MSG	11,9	8,97	10,42	9,60	10,6
CON	11,53	13,06	10,66	8,63	10,74
Densidade de ductos intercalares					
MSG	0,33	0,22	0,28	0,4	0,37
CON	0,40	0,23	0,36	0,33	0,51

O tratamento neonatal com MSG induz a obesidade em ratos (BALBO et al., 2007; MACHO et al., 2000), contudo os animais apresentam redução do peso corporal e do comprimento naso-anal (BALBO et al., 2007) como observado na Tabela 1. A obesidade pôde ser estimada pelo percentual de gordura retroperitoneal e periepididimal em relação ao peso corporal e foi corroborada pelo incremento no Índice de Lee, confirmando a vasta referência na literatura (BONFLEUR et al., 2000)

O MSG lesa o núcleo arqueado responsável pela produção do hormônio liberador do hormônio do crescimento (GNRH) que estimula a produção do hormônio do crescimento (GH), com conseqüente depleção plasmática deste hormônio. Sendo assim, a depleção do GH poderia explicar o menor valor de CNA, devido à redução de sua atividade lipolítica em consequência da sua deficiência, resultando no acúmulo de gordura observado nos animais do grupo MSG (MAITER et al., 1991; DAWSON et al., 1997). Resultados semelhantes foram descritos por Balbo e colaboradores observaram aumento neste parâmetro em ratos MSG aos 30 e 90 Dias (BALBO et al., 2000).

No modelo MSG, os animais são normoglicêmicos as custas de uma hiperinsulinemia (Tabela 2), sugerindo resistência à insulina como mostra a literatura (BALBO et al., 2007). A hiperinsulinemia é outro fator envolvido com o desenvolvimento da obesidade no modelo MSG, pois a insulina estimula a atividade lipogênica e inibe a mobilização de ácidos graxos do tecido adiposo. A habilidade para manter a normoglicemia mesmo com o aumento da demanda de insulina é feita por um aumento na produção de insulina, sendo que os mecanismos metabólicos e hormonais que capacitam as células beta pancreáticas temporariamente a variar sua produção de insulina na presença de obesidade e resistência à insulina ainda permanecem obscuros. Um

dos mecanismos que possivelmente devem estar envolvidos na hiperinsulinemia de jejum observado de modo indireto em pacientes obesos e em todos os modelos experimentais de obesidade em roedores é um aumento significativo da atividade do nervo vago (BALBO et al., 2002).

Avaliando os resultados obtidos para o tamanho e peso da glândula salivar parótida (Tabela 3), observa-se valores inferiores destes parâmetros no modelo MSG.

Considerando as alterações no metabolismo e na liberação do GH, por destruição de células do hipotálamo, poderíamos inferir que a redução no tamanho e peso da glândula salivar parótida verificada no grupo MSG tenha sido decorrente da redução do GH circulante. Tal afirmação encontra respaldo na literatura, a qual demonstra a importância da associação da insulina com o GH para o desenvolvimento das glândulas salivares, sendo que somente a presença de um destes fatores não é suficiente para o normal desenvolvimento (Liu & Lin, 1969). High et al. (1985), também verificaram reduções significativas no tamanho e peso da glândula salivar submandibular em ratos diabéticos induzidos por estreptozotocina após 3 meses da administração do tratamento (HIGH et al., 1985).

Os resultados da densidade de ácinos e ductos intercalares demonstram que o tratamento neonatal com MSG não foi capaz de levar a diferenças significativas entre os dois grupos, embora estudos como o realizado por High et al. (1985), tenham demonstrado que o diabetes, reduziu significativamente o número de ductos intercalares bem como no comprimento destes ductos, sendo tal resultado associado a depleção crônica de sódio.

Hand e Weiss (1984) induzindo o diabetes pela aplicação de estreptozotocina verificaram que os níveis de insulina do plasma sanguíneo de ratos foram diminuídos após 24 horas após a aplicação da droga. Após 2 meses da administração, foram observadas alterações numéricas e morfológicas nas células dos ácinos e ductos das glândulas parótidas dos animais hiperglicêmicos e hipoinsulinêmicos, o que lhes permitiu sugerir que a manutenção da estrutura e função normal da glândula pode, em parte, ser dependente de insulina.

Segundo avaliações realizadas por Rodrigues et al (2007), induzindo o diabetes pela administração de aloxana, foi possível comprovar a redução no volume da célula acinosa mucosa do grupo diabético em percentagens de 45% e 29% no período de 1 e 3 meses após indução, respectivamente, quando comparado ao grupo controle. Adicionalmente, foi constatada ainda, no período de 3 a 6 meses, redução no volume absoluto dos ductos intercalares, estriados e excretorios no grupo diabético, sendo constatada uma diferença média de 53% menor em relação ao grupo não diabético do mesmo período.

Com base nestes dados, sugerimos que a hiperinsulinemia verificada na Tabela 02, nos animais MSG pode ter contribuído para a manutenção do número de ácinos e ductos da glândula salivar do grupo MSG, embora, seu tamanho e peso tenha sido inferior em

relação ao grupo controle muito provavelmente pela depleção nos níveis de GH circulante.

A literatura é clara em mostrar que os animais MSG são hiperinsulinêmicos, e que a resistência à insulina é diferente entre os tecidos. A resistência aparece primeiramente no tecido muscular e no fígado, todavia, não existe dados na literatura, mostrando que o tecido adiposo é resistente ao hormônio. Sendo assim, com base nos dados de nossa pesquisa, podemos sugerir que a glândula salivar parótida não esteja resistente à insulina no modelo MSG aos 90 dias de vida, contribuindo para a manutenção do número de ácinos e ductos intercalares. Além disso, com base nos dados encontrados na literatura, podemos sugerir que a manutenção da estrutura da glândula salivar parótida pode ainda ter sido determinada não só pelo efeito da insulina, mas também pelo aumento da atividade parassimpática, a qual exerce efeitos fortes e duradouros, sendo evidenciado pela atrofia das glândulas salivares quando realiza-se a interrupção destes nervos.

#### IV. CONCLUSÕES

- A administração do MSG no período neonatal induziu a obesidade;
- Os animais MSG são normoglicêmicos e hiperinsulinêmicos;
- O tamanho e peso da glândula salivar parótida foram menores nos animais MSG em relação ao grupo controle;
- O número de ácinos e ductos intercalares dos grupos MSG e controle foram semelhantes, demonstrando que o MSG foi incapaz de interferir de maneira significativa sobre os aspectos quantitativos do parênquima da glândula salivar parótida.

#### V. REFERÊNCIAS

ADEYEMO, W. L.; BAMGBOSE BO.; ADEYEMO T. A. Obesity: a review of its implications and considerations in oral and maxillofacial surgery. **Nig Q J Hosp Med** 2007;17 (3):93-6.

ANDERSON, L.C.; GARRET, J.R.; PROCTOR, G. B. Morphological effects of sympathetic nerve stimulation on rat parotid glands 3-4 weeks after the induction of streptozotocin diabetes. **Archs. Oral Biology**, 1990; 35, (10):829-838.

ARONNE, L.J. Epidemiology, morbidity, and treatment of overweight and obesity. **J Clin Psychiatry** 2001;62 Suppl 23:13-22.

ARONNE, L.J.; ISOLDI, K.K. Overweight and obesity: Key components of cardiometabolic risk. **Clin Cornerstone** 2007;8 (3):29-37.

BALBO, S.L.; BONFLEUR, M.L.; CARNEIRO, E.M.; AMARAL, M.E.; FILIPUTTI, E.; MATHIAS, P.C. Parasympathetic activity changes insulin response to

glucose and neurotransmitters. **Diabetes Metab** 2002;28 (6 Pt 2):3S13-7; discussion 3S108-12.

BALBO, S.L.; GRASSIOLLI S.; RIBEIRO, R.A.; BONFLEUR, M.L.; GRAVENA, C.; BRITO, M.D.O. N.; ANDREAZZI, A.E.; MATHIAS, P.C.; TORREZAN, R. Fat storage is partially dependent on vagal activity and insulin secretion of hypothalamic obese rat. **Endocrine** 2007;31 (2):142-8.

BALBO, S. L.; MATHIAS, P.C.; BONFLEUR, M.L.; ALVES, H. F.; SIROTI, F.J.; MONTEIRO, O.G.; RIBEIRO, F.B.; SOUZA, A.C. Vagotomy reduces obesity in MSG-treated rats. **Res Commun Mol Pathol Pharmacol** 2000; 108: 291-296.

BERNARDIS, L.L, PATTERSON, B.D. Correlation between "Lee Index" and carcass fat content in weanling and adults female rats with hypothalamic lesions. **J. Endocrinol.** 1968;40 (4):527-8.

BONFLEUR M.L.B.; GRASSIOLLI, S.; MATHIAS, P.C.F.; SILVA, A.C.M.; BALBO, S.L. Altered brain acetylcholinesterase activity in MSG-induced obese rats. **Diabetes Res** 2000;35:27-32.

BRAY G. A., Obesity, a disorder of nutrient partitioning: the MONA LISA hypothesis. **J Nutr**, 1991; 121: 1146-1162.

DAWSON, R.; PELLEYMOUNTER, M.A.; MILLARD, W.J.; LIU, S.; EPPLER, B. Attenuation of leptin-mediated effects by monosodium glutamate-induced arcuate nucleus damage. **Am J Physiol.** 273, 1997.

HAND, A.R.; WEISS, R. E. Effects of streptozotocin-induced diabetes on the rat parotid gland. **Lab. Invest.** 1984; 51 (4), 429-434.

[HIGH, A.S.](#); [SUTTON, J.](#); [HOPPER, A.H.](#) A morphometric study of submandibular salivary gland changes in streptozotocin-induced diabetic rats. [Arch Oral Biol.](#) 1985;30(9):667-671.

HIRATA, A.; ANDRADE, P.V.; DOLNIKOFF, M.S. Monosodium glutamate (MSG)-obese rats develop glucose intolerance and insulin resistance to peripheral glucose uptake. **Braz J Med Biol Res**, 1997;30 (5):671-674.

LIU, F.T.; LIN, H.S. Relationship between insulin and growth hormone in growth and development of rat submandibular gland. **Proc Soc Exp Biol Med**, 1969: 175-176.

MACHO, L.; FICKOVA, M.; ZORA, S. Late effects of postnatal administration of monosodium glutamate on insulin action in adult rats. **Physiol Res** 2000; 49 Suppl 1: S79-85.

MAITER, D.; UNDERWOOD, L. E.; MARTIN, J. B.; KOENIG J. I., Neonatal treatment with monosodium glutamate: effects of prolonged growth hormone (GH)-releasing hormone deficiency on pulsatile GH secretion and growth in female rats. **Endocrinology** 1991; 128: 1100-1106.

[MORRIS, P.A.](#); [PROUT, R.E.](#); [PROCTOR, G.B.](#); [GARRETT, J.R.](#); [ANDERSON, L.C.](#) Lipid analysis of the major salivary glands in streptozotocin-diabetic rats and the effects of insulin treatment. **Arch. oral Biol** 1992; 37(6): 489-494.

OLNEY, J.; SHARPE, L.G. Brain lesions in an infant Rhesus monkey treated with monosodium glutamate. **Science** 1969: 166, 386-388.

**Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste artigo.**

PEREIRA, L.O.; FRANCISCHI, R.P.; KLOPFER, M.; SAWADA, L.A.; SANTOS, R.; VIEIRA, P.; CAMPOS, P.L.; LANCHÁ JUNIOR, A.H. Obesidade e suas implicações – Ação da atividade física e controle nutricional. **Rev Bras Nutr Clin.**1999;14:9-17.

RODRIGUES, P.A.L. Alterações histomorfométricas da glândula sublingual de ratos após longo período de indução do diabetes pela aloxana. **Journal of Applied Science** 2007: 15: 337-337.

SCOMPARIN, D.X.; GRASSIOLLI, S.; MARCAL, A.C.; GRAVENA, C. ANDREAZZI, A.E.; MATHIAS P.C. Swim training applied at early age is critical to adrenal medulla catecholamine content and to attenuate monosodium L-glutamate-obesity onset in mice. **Life Sci** 2006;79 (22):2151-6.



## APLICAÇÕES INDUSTRIAIS DA TECNOLOGIA DE IRRADIAÇÃO POR FEIXE DE ELÉTRONS

ISSN 1809-3957

M.Z.Fortes<sup>1</sup> e F.N.C.Sousa<sup>2</sup>

1 – UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE - UFF;

2 – ACELÉTRON IRRADIAÇÃO INDUSTRIAL

**Resumo** – Este artigo apresenta a tecnologia de irradiação por feixe de elétrons (e-beam - EB) utilizando aceleradores lineares de elétrons (LINAC's) como alternativa para serviços comercializados no Brasil, tais como: médico-hospitalares, cosméticos, fitoterápicos, polímeros, extrato turfoso, alimentos, gemas e outros. Os benefícios da aplicação de feixe de elétrons são diversos, tais como: esterilização, polimerização, melhoria de características termo-plásticas, redução de patógenos, desinfestação de pragas, extensão de vida útil, alteração de coloração natural e outras. A disponibilidade deste equipamento para escala industrial possibilita entre outros benefícios: processamento rápido de lote de produtos, mapeamento de dose mais precisa, melhor distribuição de dose no produto, trabalhos em lotes individualizados e não utilização de radioisótopos ou gases.

**Palavras-chave:** Feixe de Elétrons, Aceleradores Lineares

### I. INTRODUÇÃO

O LINAC (Acelerador de partícula) é um equipamento que fornece energia a feixes de partículas subatômicas eletricamente carregadas. Os aceleradores de partículas possibilitam a concentração de alta energia em pequeno volume e em posições arbitrárias e controladas de forma precisa. Exemplos mais comuns de aceleradores são as televisões, geradores de raios-X, radioterapia do câncer, radiografia de alta potência para uso industrial e polimerização de plásticos.

A tecnologia feixe de elétrons utilizada pelo LINAC é ilustrada na figura 1, demonstrando um resumo do processo, com base em três etapas essenciais descritas como:

- O sistema acelerador gera um feixe de elétrons de alta energia cinética
- O “scanner” de feixe magnético faz com que o feixe seja varrido uniformemente em todas as partes do produto.
- O produto é passado através do feixe escaneado em uma maneira controlada por servomotores.

A instalação existente na ACELÉTRON possui dois sistemas LINAC fabricados pela TITAN BETA com energia de 10 MeV (Mega Elétron-Volt), potência média do feixe de 18 kW cada, orientação dos feixes vertical (o LINAC superior emite feixe de cima para baixo e o

inferior de baixo para cima), e varredura horizontal entre 0 e 48” ajustados por controle automático.

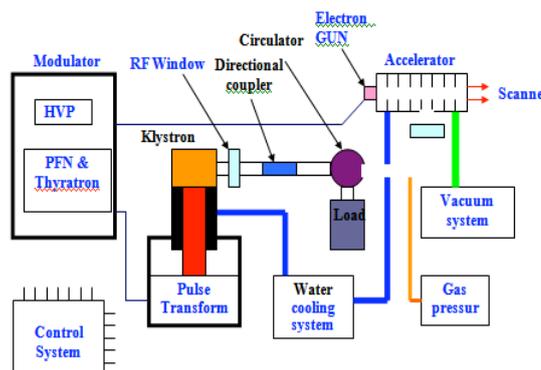


Figura 1 – Diagrama de blocos do LINAC

Analisando-se o diagrama da Figura 1, pode-se resumir a atuação dos sistemas como:

- Electron-Gun – responsável pela emissão de elétrons que são impulsionados para o corpo do acelerador por pulso de alta tensão aplicado por descarga.
- Acelerador – com suas cavidades direcionadas, concentram e aceleram o feixe para a janela de saída.
- Sistema de Vácuo – Garante que toda a trajetória do elétron esteja em condições de ultra vácuo, evitando choques com moléculas de ar e conseqüente perda de energia cinética no final do processo.
- Modulador/Transformador de Pulsos- Fornece pulsos elétricos em freqüência adequada para a descarga de elétrons.
- Sistema de SF<sub>6</sub> – Pressuriza com gás SF<sub>6</sub> a guia de ondas e garante o isolamento dielétrico entre as partes de Rádio Freqüência.
- Sistema de Água – Garante circulação de água desmineralizada e deionizada refrigerando os pontos críticos de calor do equipamento.
- Janela de RF – Possibilita que a onda portadora encontre o feixe de elétrons e garanta a sua aceleração.

### II. CONTROLE E AUTOMAÇÃO

O sistema de controle de processo é composto por três Programadores Lógicos - PLC's dedicados,

independentes e centralizados através de software SCAP®, a saber:

- LINAC – PLC Allen Bradley e rack's TITAN BETA

- Sistema de Segurança – controlador PILZ

- Sistema de transporte e controle de velocidade – PLC Allen Bradley.

Os programas são independentes e se comunicam por interfaces Ethernet e Control Logix.

O ponto chave para garantia da dose aplicada e efetivo tratamento do produto é o controle de velocidade da esteira de processamento realizado através de quatro Servo driver's com velocidades ajustáveis. A inserção e retirada de materiais no *bunker* para processamento é efetuado por esteiras com velocidades programadas através de conversores de frequência.

Todo o sistema de alimentação da automação é alimentado por Unidades de Energia Ininterrupta - UPS's, possibilitando ao operador a ação de desligar o equipamento, salvar arquivos, bloquear entrada e outras ações quando da falta de energia elétrica.

### III. DESCREVENDO A TECNOLOGIA

O acelerador linear é o componente principal do sistema e é posicionado verticalmente. Este é o lugar onde os elétrons são gerados, concentrados na forma de feixe e acelerados. Uma das vantagens deste sistema é que não existem partes móveis no acelerador linear, requerendo assim baixa manutenção.

A ACELÉTRON utiliza uma combinação de 02 (dois) aceleradores lineares de 18 kW de potência cada um. O LINAC superior emite feixes de cima para baixo e o inferior de baixo para cima, permitindo uma melhor absorção e distribuição da dose aplicada.

O feixe de elétrons é gerado em um semiconductor catódico, utilizando energia elétrica e acelerado pelo LINAC. Neste sistema os produtos embalados são transportados por uma esteira, e irradiados ao passarem pelo feixe de elétrons. A taxa de dose de cada acelerador linear permanece constante. A dose aplicada ao produto pode ser variada com ajuste na velocidade da esteira transportadora, controlando assim o tempo de exposição do produto ao feixe.

A Figura 2 ilustra o posicionamento do LINAC superior e a esteira de transportes.

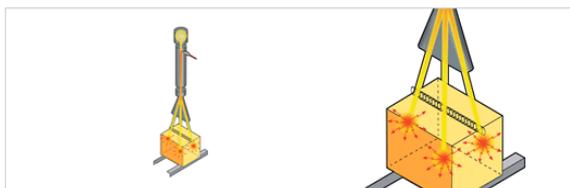


Figura 2 – Ilustração do posicionamento do LINAC superior e a esteira de transporte

Os produtos são levados para a área de processamento através de um sistema de esteiras projetadas especificamente para operar em uma instalação de irradiação industrial. Uma das funções principais deste sistema é assegurar que os produtos sejam corretamente posicionados para uma irradiação uniforme e eficiente. A Figura 3 apresenta uma visualização deste sistema.

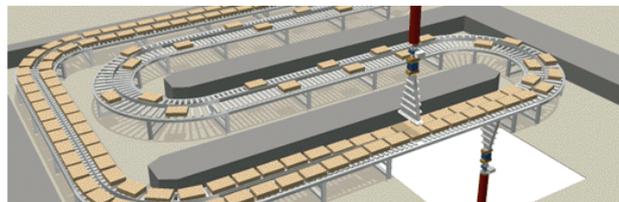


Figura 3 – Ilustração do Sistema de Transporte

### IV. VANTAGENS DO PROCESSAMENTO COM FEIXE DE ELÉTRONS

Citam-se como algumas vantagens do processamento com feixe de elétrons:

- Melhor distribuição de doses no produto;
  - Processamento mais rápido por lotes de produtos devido à alta taxa de doses ilustrado na Tabela 1;
  - Mapeamento de doses com melhor precisão e avaliação da relação  $D_{max}/D_{min}$ ;
  - Não utiliza radioisótopos ou gases no processamento;
  - Variações de temperatura pequenas durante o processo de irradiação, em especial para alimentos os valores são menores que 1°C;
  - Não induz nenhuma radioatividade ao produto processado;
  - Melhor penetração de dose para alguns produtos conforme ilustrado na Tabela 2;
- Em especial para materiais médico-hospitalares podem-se destacar como outros pontos vantajosos:

- Como utiliza energia elétrica é um processo seguro para os indivíduos ocupacionalmente expostos e para o meio-ambiente;
- Não é necessário o uso de papel grau cirúrgico nas embalagens;
- Não é preciso a formação de grandes estoques para irradiação. O processamento pode ser efetuado em pequenos lotes;
- Após a validação e protocolo do produto, não é necessário esperar por resultados de testes de indicadores biológicos para saber se o produto está apto para ser comercializado;
- Não deixa resíduos químicos ou radioativos no

produto;

Para aplicações em materiais fitoterápicos e cosméticos, a tecnologia é uma excelente opção para controle da matéria-prima, reduzindo ou eliminando a carga microbiana originada dos processos de preparação do produto.

Tabela 1 – Comparação das características dos sistemas de esterilização com Raio Gama e EB (adaptado de [1])

Propriedades	Gamma	EB
Espectro de Energia	1,17 e 1,33 MeV	10 ± 1 MeV
Taxa de Decaimento	12,6% ao ano	NA
Eficiência Elétrica	NA	15-35%
Faixa de Potência Útil	15-100 kW	10-200 kW
Taxa de Dose Típica	1-10 kGy/hora	2-50 kGy/segundo

Tabela 2 – Comparação da profundidade de penetração em materiais (adaptado de [1])

Tipo	Fonte	Penetração (cm)	
		Irradiação 1 lado	Irradiação 2 lados
Gamma	CO <sup>60</sup>	10,2	40,6
Raios-X	50 keV	< 0,1	0,5
feixe elétrons	5 MeV	1,8	4,3
feixe elétrons	10 MeV	3,8	8,6

Na aplicação para materiais poliméricos, um estudo dedicado ao produto proporciona melhorias para diversas aplicações devido a ações de polimerização, degradação, cross-linking entre outras. Pesquisas realizadas [2] comprovam que a relação  $D_{max}/D_{min}$  é adequado ao feixe de elétrons. A Figura 4 apresenta a árvore de decisão para determinar a viabilidade de irradiação por feixe de elétrons.

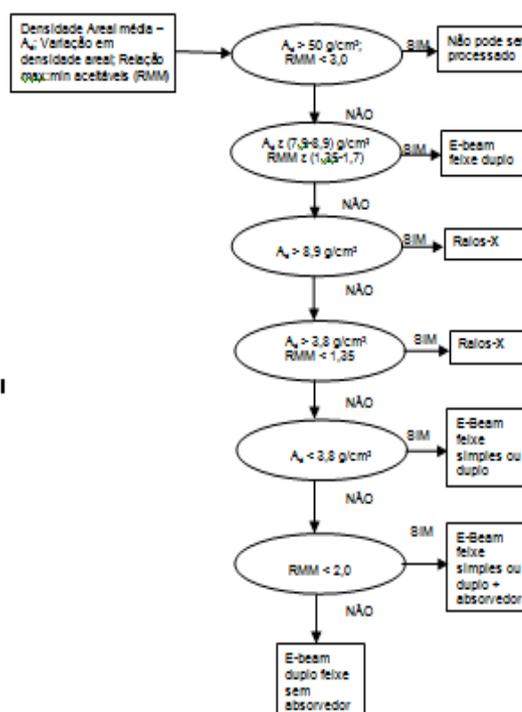


Figura 4 – Árvore de decisão para seleção da tecnologia apropriada de irradiação (adaptado de [3])

No tratamento de extrato turfoso (substrato para inoculação da bactéria *Bradyrhizobium japonicum*) o processamento com feixe de elétrons mostrou-se efetivo e de custo competitivo tanto na matéria-prima como nas embalagens utilizadas na indústria agrícola.

Para alimentos, a irradiação com feixe de elétrons é um processo complementar as boas práticas de fabricação e é útil na redução de patógenos, desinfestação de pragas e extensão da vida útil.

No Brasil, a irradiação de alimentos passou a ser regulada desde 1973, pelo decreto nº 72718. A ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) publicou em 2001 a RDC nº21, que aprova o regulamento técnico para irradiação de alimentos.

## V. DOSIMETRIA

O efeito da radiação ionizante em materiais processados tem uma caracterização melhor em termos de energia absorvida por unidade de massa do material, ou seja, a dose absorvida por ele. Conseqüentemente técnicas dosimétricas precisas para determinar estas quantidades foram desenvolvidas para cada tipo de irradiação utilizada.

Os sistemas dosimétricos estão sempre associados com a certificação das doses recebidas nos processos de irradiação. Assim, a escolha do sistema utilizado irá refletir na confiabilidade do sistema.

O sucesso no processo de irradiação depende de uma correta dosimetria.

A técnica escolhida permite:

- Avaliar a dose absorvida pelos produtos;
- Determinar a distribuição de dose dos produtos;
- Determinar a dose máxima e dose mínima nos produtos;
- Controlar com eficácia todas as etapas dos processos de irradiação;

O laboratório da ACELÉTRON possui equipamentos certificados e rastreados a organismos internacionais. A escolha dos equipamentos utilizados é baseada em uma Tabela comparativa desenvolvida por Miller [3] e apresentada resumida na Tabela 3.

Tabela 3 – Comparação entre algumas tecnologias dosimétricas

<i>Dosímetro</i>	<i>Vantagens</i>	<i>Desvantagens</i>
Pellets de Alanina (Gamma Services/Harwell)	leitura rápida	custo elevado
	melhor precisão (2%)	não indicado para medição de energia
	dose estável no tempo	difícil manuseio na atividade de leitura
	não é afetada por manuseio	tempo de leitura de
	vida útil longa excelente faixa de dose	≈ 40 segundos por
Filme Alanina (Kodak)	fácil uso	é o de maior custo
	não é afetada por manuseio	
	pode ser lido imediatamente	
	boa precisão (3%)	precisão baixa para doses abaixo de 1 kGy
	aplicável para medições de energia	
utiliza código de barras por dosímetro		
B3 Filme Radiocrômico (GEX)	barato	
	adequado para medições de energia	

## VI. CONCLUSÃO

Este artigo apresenta a tecnologia de irradiação com feixe de elétrons como alternativa tecnológica para trabalhos em vários segmentos industriais. É o primeiro equipamento instalado no Brasil com porte industrial e com adaptações para atender a amplas faixas de dose aplicada. A diversidade de indústrias atendidas e a rapidez de processo tornam o processo de feixe de elétrons vantajoso frente a outras tecnologias existentes. A instalação hoje existente fornece uma boa opção tecnológica frente a processos como irradiação com Cobalto-60, esterilização por Auto-clave, Óxido de Etileno, entre outros. Existem diversos estudos de novas aplicações do feixe de elétrons em andamento no Brasil e no exterior.

## VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOOTH,A.F. Radiation Sterilization – Validation and Routine Operations Handbook, 2007.

FORTES,M.Z. e SOUSA,F.N.C. A Tecnologia de Feixe de Elétrons aplicada a Polímeros. In: IX Congresso Ibero Americano de Polímeros, Lima, Peru, 2008.

Volume 7 – n. 77 – Maio/2012

MILLER,R.B. Electronic Irradiation of foods: An Introduction to the Technology, Ed: Springer Science: New York, 2005.



## FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA - TENDÊNCIAS E PERSPECTIVAS PARA O PLANEJAMENTO ENERGÉTICO EMERGENTE NO BRASIL

ISSN 1809-3957

Gerson Tiepolo, Osiris Canciglieri Jr.

**Resumo** – O tema Desenvolvimento Sustentável tem ganhado cada vez mais repercussão nas esferas acadêmica, política, pública e privada, contribuindo para uma consciência cada vez maior da necessidade da preservação dos recursos naturais, e ao mesmo tempo no desafio de continuar a promover o desenvolvimento das nações. Uma das questões fundamentais está no Planejamento Energético e na Geração de Energia Elétrica, com a utilização cada vez maior de fontes renováveis de energia, e que agrida cada vez menos o meio ambiente. O aprimoramento e o desenvolvimento de novas tecnologias para a geração de energia elétrica, e a sua utilização em um sistema integrado e distribuído, poderá resultar num ganho em grande escala nos aspectos ambiental, social e financeiro. Das fontes alternativas, tem se destacado a eólica e a fotovoltaica, sendo que no Brasil a fotovoltaica ainda está em estágio inicial com a necessidade de maiores investimentos nas esferas pública e privada. Este trabalho propõe uma reflexão sobre as tendências e perspectivas para o planejamento energético emergente no Brasil, com um foco maior na geração de energia elétrica através de fontes renováveis de energia, de forma a instigar cada vez mais na pesquisa e no desenvolvimento dos aspectos relacionados ao tema.

**Palavras-chave** – Desenvolvimento Sustentável, Energias Renováveis, Planejamento Energético, Políticas Públicas.

### I. INTRODUÇÃO

Os modelos de Planejamento Energético - PE utilizados atualmente, em especial nos Estados Unidos e em países da Europa como Alemanha, França, Espanha e Itália, dentre outros, são modelos complexos, não apenas pela quantidade de informações históricas de consumo e demandas futuras, como também por considerar os diversos recursos energéticos disponíveis, informações estas necessárias para um bom planejamento. No Brasil, de forma similar, muitos estudos energéticos tem contribuído para elaboração da Matriz Energética Brasileira, como os realizados pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE, que desenvolveu um estudo a nível nacional das projeções para 2030, chamado de Plano Nacional de Energia 2030, ou simplesmente PNE 2030.

A complexidade deste desenvolvimento deve-se principalmente ao número de variáveis envolvidas como mudanças políticas, econômicas, sócio-ambientais e tecnológicas, e às incertezas embutidas para a obtenção de projeções de demanda e oferta de energia, onde muitas vezes não são contempladas através de um estudo integrado. Isto se intensifica ainda mais quando incorporamos as incertezas e riscos inerentes a estes tipos de informações, cuja finalidade final é a de suprir as necessidades de energia. Entretanto, dentre estes dados, deve-se considerar também

os aspectos ambiental e social, além do financeiro e político, demonstrando a multidisciplinaridade envolvida no processo quanto ao desenvolvimento sustentável [13].

O conceito de desenvolvimento sustentável é oriundo de um longo processo histórico de avaliação e reavaliação das relações entre a sociedade e o meio ambiente. Por se tratar de um processo contínuo, varias abordagens existem até hoje e que procuram explicar este conceito, sendo primeiramente discutido pela World Conservation Union, num documento intitulado World's Conservation Strategy, onde aborda que para que o desenvolvimento seja sustentável, as dimensões social e ecológica devem ser consideradas, assim como os fatores econômicos, dos recursos vivos e não-vivos, e vantagens de curto e longo prazo em ações de cunho alternativo. Embora tenha tido como foco o conceito de preservação ambiental, mais tarde através do então Relatório Brundtland foi incorporado também o elemento humano, com intuito de gerar o equilíbrio entre as dimensões ambiental, econômica e social [24].

O planejamento do setor energético é extremamente importante para assegurar a continuidade do abastecimento de energia ao menor custo, com o menor risco e com os menores impactos sócio-econômicos e ambientais para a sociedade, além de servir como ferramenta de apoio na formulação de políticas públicas e na elaboração de referências e diretrizes para a mensuração de indicadores de eficiência, qualidade e de meio ambiente, necessários para o seu controle. Dentro deste planejamento, temos especial atenção quanto á geração de energia elétrica, imprescindível para o atual estágio de desenvolvimento em que a humanidade de forma geral necessita, nas suas mais variadas fontes geradoras de energia renováveis e não-renováveis.

De forma geral, as fontes de energia utilizadas para a geração de energia elétrica são oriundas de: hidroelétrica, nuclear, termoelétrica, eólica, fotovoltaica, e algumas outras fontes.

Das fontes citadas, a nuclear, devido principalmente aos últimos acontecimentos no Japão com o vazamento de material radioativo da usina de Fukushima, fez com que alguns países revessem o seu planejamento energético prevendo a médio e longo prazo a descontinuidade da geração de energia elétrica através desta fonte, como por exemplo a Alemanha, mostrando de certa forma a fragilidade deste sistema e os impactos ambientais, sociais e econômicos atrelados a uma eventualidade no sistema. No Brasil, não temos ainda uma posição clara quanto a futuros investimentos, além daqueles já previstos anteriormente.

Mas mesmo estes, são motivo de reflexão pelos governantes, face os acontecimentos internacionais, aos riscos envolvidos, e as alternativas de geração que vem se apresentando e se consolidando no cenário mundial.

Existe um consenso nos países mais desenvolvidos para a utilização de energias ditas como “fontes limpas de energia”, renováveis e com baixo impacto ao meio ambiente, como por exemplo a eólica e a fotovoltaica, cujos investimentos e incentivos dos poderes públicos e privados para a implantação destas fontes geradoras, mesmo em unidades residenciais, onde o excedente é vendido para as próprias concessionárias, já é uma realidade.

Os cenários energéticos globais num horizonte até 2020 indicam sobre mudanças tecnológicas, novas descobertas, e a substituição dos recursos atuais para o desenvolvimento de uma matriz energética melhor, onde teremos mais gás, maior oferta de energias renováveis e novas forças energéticas em evidência. Segundo os especialistas, em 40 anos a energia solar e a energia em hidrogênio deverão estar consolidadas no cenário energético, a ponto de governos começarem a tornar a instalação de painéis fotovoltaicos obrigatórios em edifícios governamentais novos [20].

Por outro lado, existe uma expectativa quanto ao crescimento da população de forma globalizada, sendo que em 2050 muitas regiões globais deverão estar com as suas respectivas populações ainda com índices de crescimento elevado, e em contra partida haverá outras regiões em que haverá uma estabilização ou decréscimo destes índices de crescimento da população.

Na mesma linha, prevê-se um aumento significativo da renda per capita até 2030, tanto na América Latina e Caribe como no Mundo em geral, o que pode resultar em uma menor desigualdade econômica e social, mas também e muito provavelmente num maior consumo de fontes energéticas, em especial a elétrica, com a melhoria da qualidade de vida e maior poder de compra da população em geral. Estas tendências devem influenciar de maneira expressiva os governantes quanto às estratégias de investimentos futuros na área de energia [22]. Os valores de crescimento populacional global para 2050 e os valores de renda per capita para a América Latina e Caribe para 2030 podem ser observados respectivamente na figura 1 e na tabela I.

Com respeito às demais fontes, temos historicamente um forte viés pelas hidroelétricas, face à grande bacia hidrográfica existente em nosso território, e proporcionalmente associada a um custo menor de geração em relação a outras fontes de energia.

Com relação às termoeletricas, utiliza-se basicamente como matéria prima para a geração de energia elétrica a queima dos derivados de petróleo, gás natural, carvão mineral, e o gás gerado pela biomassa, sendo que o grau de poluição está diretamente relacionado ao tipo e quantidade de matéria prima empregada [16]. Neste contexto, a biomassa vem se tornando um fator importante a ser considerada também como fonte geradora de energia elétrica, no que diz respeito aos aspectos social e ambiental relacionados, e à correta disposição dos resíduos sólidos.

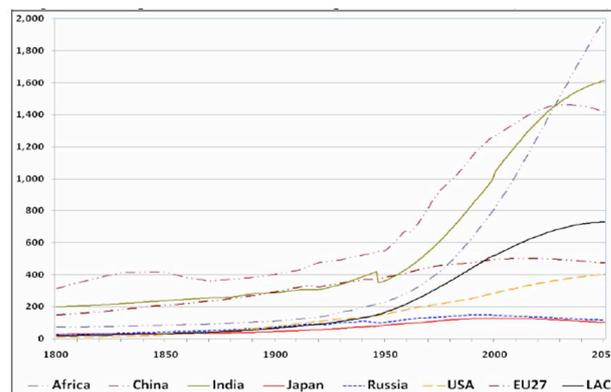


Figura 1. Comparative Evolution of Population 1800 – 2050 (linear scale), em milhões de habitantes [22]

Entretanto, outras fontes vêm tomando corpo neste cenário, caso da eólica e da fotovoltaica, de suma importância para o desenvolvimento sustentável. Além disto, temos ainda de se considerar os aspectos financeiro, ambiental e social que devem fazer parte desta análise.

Tabela I. Latin America in the Global Context (Comparison with other Regions) – Perspectivas 2030 [22].

Country/ Region	Area (Million Km2)	Population density (People/Km2)		Population (Million people)		GDP (PPP, Billion US\$ 2010)		GDPc (PPP, Thousand US\$ 2010)	
		2010	2050	2010	2050	2010	2030	2010	2030
Africa	30.222	37	66	988	1,998	2,348	11,686	2,376	5,849
China	9.641	139	147	1,337	1,417	10,051	80,097	7,518	56,526
India	3.287	359	491	1,181	1,614	3,887	26,418	3,291	16,368
Japan	0.378	336	270	127	102	4,296	6,878	33,828	67,434
Russia	17.075	8	7	141	116	2,229	6,087	15,807	52,478
USA	9.827	32	41	312	404	14,705	36,373	47,132	90,034
EU27	4.325	116	109	501	473	15,213	28,016	30,367	59,230
LAC	21.070	27	35	576	729	6,444	19,650	11,188	26,955
World (land)	148.940	46	67	6,909	9,150	74,004	240,246	10,711	26,256

Desta forma, este trabalho propõe uma reflexão sobre as tendências e perspectivas futuras para o planejamento energético emergente no Brasil, em especial para a geração de energia elétrica através de fontes renováveis.

## II. REVISÃO DE LITERATURA

Por ser considerada uma fonte de baixo custo, predominantemente no Brasil a principal fonte geradora de energia elétrica provém de usinas hidroelétricas, muito em virtude das grandes bacias hidrográficas existentes. Entretanto, os impactos ambientais gerados pela implantação dessas usinas é elevado devido às vastas áreas inundadas e que são necessárias para a formação do reservatório para movimentação das turbinas dos seus geradores [16]. Há de se considerar também outros impactos ocorridos durante a sua implantação, como o social, uma vez que os moradores das áreas inundadas deverão ser transferidos para outros lugares, nem sempre com a mesma infra-estrutura que possuíam anteriormente, assim como o impacto financeiro da região afetada.

Outras formas de geração de energia elétrica também são

utilizadas como a oriunda de termelétrica, eólica, nuclear e fotovoltaica dentre outras, e que acabam por suprir o restante da demanda energética necessárias para o abastecimento do país.

Com intuito de descongestionar os sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica em alguns países na Europa, em destaque a Alemanha e Espanha, o cenário tem favorecido para a geração distribuída, onde os consumidores acabam por gerar parte ou toda energia necessária para suprir as suas necessidades pessoais, principalmente através de células fotovoltaicas, sendo que a energia não utilizada e excedente pode ser entregue ao sistema elétrico.

Os sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFCR) apresentam um novo conceito de geração de energia limpa e renovável de energia elétrica, com crescimento mundial superando os Sistemas Fotovoltaicos Isolados (SFI). A potência total gerada de SFCRs instalados passou dos 3,5 GWp em 2005, para 7,5 GWp em 2007, e em 13 GWp em 2008 [2]. A referência [3] mostra que em 2009 o crescimento foi 46% superior ao de 2008, atingindo 19 GWp, e a estimativa era que em 2010 fossem adicionados entre 10 e 15 GWp [4].

No mesmo ritmo, a produção de módulos fotovoltaicos cresceu anualmente, passando de um patamar no ano de 2005 de 1,8 GWp [2], para 12,3 GWp no ano de 2009 [7]. Entre os países com maior capacidade instalada até o fim de 2009 tínhamos a Alemanha, Espanha, Japão, Estados Unidos, Itália e Coréia do Sul [2], [3], [5], [6], sendo que no Japão através do programa de incentivo intitulado *Sunshine* também houve progresso significativo [1].

No âmbito da energia fotovoltaica, o Brasil ainda carece de maiores investimentos na área. Muitos estudos desta fonte energética estão em desenvolvimento em algumas universidades no país, mas o aporte financeiro em projetos de geração de energia elétrica através de iniciativas públicas e privadas ainda é insipiente, principalmente devido à alta tecnologia envolvida, e ao custo alto no investimento e retorno de longo prazo.

No Brasil ainda não temos um grande número de projetos de relevância implantados de Sistemas Fotovoltaicos Conectados a Rede (SFCR), vistos como uma forma de geração distribuída (GD) ao longo dos alimentadores da rede de distribuição elétrica, tanto em baixa como em média tensão, e que contribuem para disponibilizar a energia próximo ao ponto de consumo, o que dificulta a análise de fatores impactantes no sistema, restringindo-se estes investimentos basicamente em universidades e centros de pesquisa, com o objetivo de prospectar os benefícios e viabilidade desta tecnologia, com poucas instalações voltadas para efetiva geração de energia.

Dentre as instituições que desenvolvem pesquisa neste tema, podemos citar a Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC que implantou para pesquisa e desenvolvimento em seu câmpus o Sistema Fotovoltaico do LABSOLAR, o qual está em operação desde setembro de 1997, sendo este considerado como sendo o primeiro sistema fotovoltaico conectado à rede no Brasil e integrado a uma edificação urbana. Há também o sistema Fotovoltaico

da CELESC em Florianópolis, instalado pelas equipes do LABSOLAR e da CELESC em dezembro de 2003, o Sistema Fotovoltaico do Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, que foi instalado em 2004, e o sistema Fotovoltaico do Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo, instalado em 2004, dentre outros [16]. Na tabela II são apresentados os SFCR's em operação no Brasil até 2009, o que demonstra o fraco investimento nesta tecnologia até então.

Tabela II. SFCR's em operação no Brasil até 2009 [14]

LOCAL	SISTEMAS	POTÊNCIA (kWp)
Universidade Federal de Santa Catarina - LabSolar	3	13,2
Universidade de São Paulo - LSF	4	16,1
Universidade Federal do Rio Grande do Sul	1	4,8
Universidade Federal de Pernambuco - Grupo FAE	3	5,7
Universidade Federal de Juiz de Fora	1	31,7
Universidade Federal do Pará - GEDAE	1	1,6
Universidade Estadual de Campinas - LH2	1	7,5
CEPEL - Centro de Pesquisas em Energia Elétrica	1	16,0
CELESC - Centrais Elétricas de Santa Catarina	3	4,2
CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais	4	11,0
Eletrosul Centrais Elétricas S.A.	2	14,3
Tractebel Energia	3	6,0
Intercâmbio Eletro Mecânico - Porto Alegre	1	3,3
Clinica Harmonia - São Paulo	1	0,9
GREENPEACE - Sede São Paulo	1	2,9
Residências Particulares	2	3,9
Solaris (Leme - SP)	1	1,0
Grupo Zeppini	2	17,1
<b>TOTAL</b>	<b>35</b>	<b>161,3</b>

Porém à implantação de grandes usinas de energia elétrica de fonte fotovoltaica é uma tendência cada vez maior, principalmente com os avanços tecnológicos recentes, tornando a eficiência dos coletores cada vez maiores, e em paralelo a diminuição dos custos de implantação e do menor prazo para retorno dos investimentos.

O custo de geração no Brasil de um SFCR implantado em uma edificação residencial é aproximadamente 2,4 vezes maior que as tarifas locais aplicadas pelas concessionárias, cuja energia provém essencialmente de fontes convencionais, em especial as provenientes das hidroelétricas. Entretanto, embora aparentemente pareça ser um investimento impeditivo sob o aspecto econômico, deve-se ter em mente que de maneira geral, estudos demonstram que houve uma redução de 40% entre 1996 e 2006 nos custos de SFCR em alguns mercados-chave [14].

Principalmente na Europa, muitos dos investimentos aconteceram principalmente graças as políticas públicas adotadas e consequentemente aos subsídios fornecidos para incrementar os investimentos nesta tecnologia. A figura 2 apresenta o crescimento da potência solar instalada no mundo entre 1992 e 2010 para produção de energia elétrica.

Seguindo esta mesma tendência, o mesmo espera-se que aconteça no Brasil, embora a situação do país quanto às reservas hídricas influenciem sobre o aspecto de se adiar temporariamente uma política pública mais acentuada quanto a investimentos em outras fontes.

Entretanto, como questão de política pública, as mesmas devem primeiramente resolver problemas sociais previamente estudados, para num segundo momento ser

implementada, e num terceiro momento verificar se as partes interessadas na política tiveram as suas demandas atendidas, para por fim ser avaliadas com objetivo de dar continuidade, aperfeiçoar, reformular ou até descontinuar [23]. Sobre este prisma, percebe-se a necessidade quanto a forte presença dos órgãos governamentais, de forma a atuar como Normatizador, Regulador, Fiscalizador, Executor, Coordenador, Indutor e Financiador das ações necessárias para o desenvolvimento do país. Neste contexto, para que ocorram investimentos expressivos neste setor, torna-se fundamental a intervenção do estado como incentivador e financiador, quer sejam através de incentivos ou não.

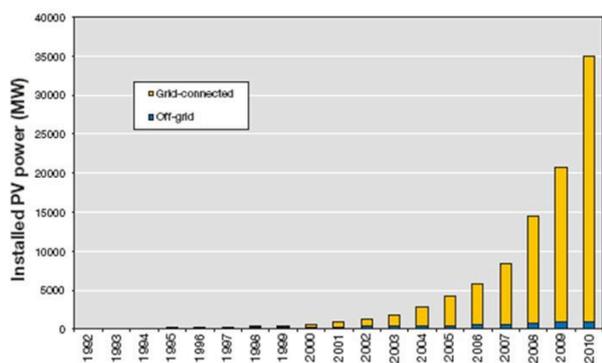


Figura 2. Potência instalada de células fotovoltaicas no mundo [9].

Além desta questão financeira associada ao custo de investimento e do prazo necessário ao retorno financeiro, há de se pensar também na questão territorial do país, onde normalmente as grandes fontes geradoras de energia se encontram em bacias hidrográficas específicas, normalmente distantes dos grandes centros de consumo e das demais regiões do país que também necessitam ser desenvolvidas, de forma a propiciar condições de qualidade de vida compatíveis com o ser humano.

Neste contexto, o investimento na geração distribuída torna-se uma grande aliada para o desenvolvimento regional, social e ambiental, visto as perdas existentes na transmissão e distribuição devido a estas grandes distâncias. Regiões de grande insolação tendem a ser priorizadas nos investimentos da tecnologia fotovoltaica, apesar da necessidade latente de disseminar este conceito, não apenas pelo crescimento já previsto de consumo em áreas usuais, como por exemplo em função da também tendência da fabricação em massa de veículos elétricos, e que gerarão um acréscimo considerável de consumo. Este acréscimo, inclusive, deverá ser crítico nos grandes centros urbanos devido justamente a grande concentração de veículos. Desta forma, a questão da geração distribuída nestes centros deverá ganhar proporções ainda maiores, de forma a evitar a dependência atual e total de energia elétrica de fontes geradoras distantes. A própria configuração do modelo de distribuição de energia nestes centros pode ser afetado, tornando necessário o incentivo a geração distribuída, principalmente através de painéis fotovoltaicos. A figura 3 apresenta um mapa com a variação da radiação solar no Brasil.

Embora a figura 3 represente de forma geral as regiões no

Brasil que possuem um maior potencial de radiação para a implantação de fontes fotovoltaicas, é necessário também que se invista nas demais regiões, visto a necessidade maior de consumo energético em função da maior concentração populacional e industrial, e que nem sempre está associada a regiões de grande radiação. Entretanto, cabe salientar que o mapa representa uma média anual, variando conforme as estações do ano, fato este a ser considerado quando do desenvolvimento do planejamento energético do país e respectivamente dos estados.

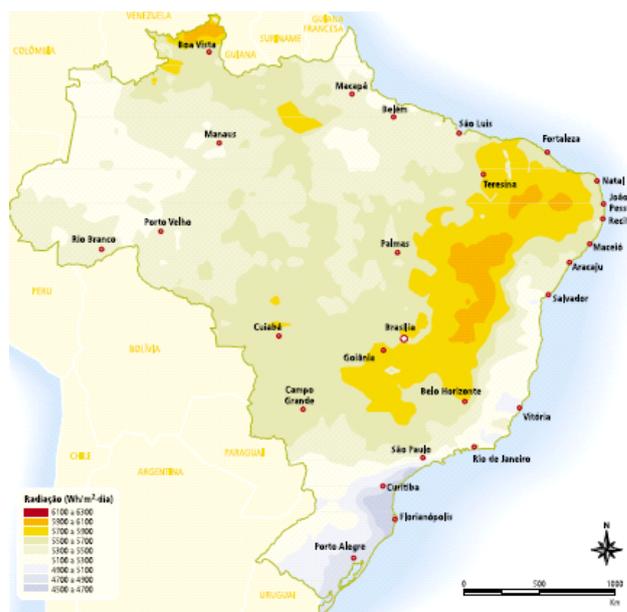


Figura 3. Variação da radiação solar no Brasil [8]

A figura 3 ainda sugere que em algumas áreas dos estados do Rio grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Minas Gerais por exemplo, estes investimentos deveriam ser muito menores em comparação a outras regiões, devido a baixa incidência de radiação solar. Entretanto cabe salientar que países como a Alemanha, onde temos a maior potência instalada de sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCR), a sua região de maior incidência de radiação solar é aproximadamente 40% menor do que a pior região no Brasil. A figura 4 mostra o mapa solar da Alemanha.

Diante disto, percebe-se a viabilidade sobre os investimentos necessários em fonte fotovoltaica no Brasil, se comparados com as condições de radiação existentes na Alemanha, país líder em SFCR's instalados.

Outra questão importante a se destacar neste cenário é quanto à diminuição dos custos de fabricação e quanto ao aumento do rendimento das células, o que interfere diretamente na escolha sobre qual investimento seria a melhor opção para a geração de energia elétrica limpa, fazendo com que o prazo para retorno dos investimentos se tornem cada vez menores, o que viabiliza ainda mais esta opção de fonte geradora de energia. Tudo isto aliado a possibilidade de se implantar plantas de forma distribuída, próximas as áreas de consumo.

No estudo comparativo apresentado pela referência [15], são demonstrados diversos cenários com a aplicação de painéis fotovoltaicos com rendimentos diferentes e com

consumidores diferentes, utilizando-se como referência o custo dos sistemas fotovoltaicos no mercado internacional entre US\$ 8,00/Wp e US\$ 10,00/Wp.

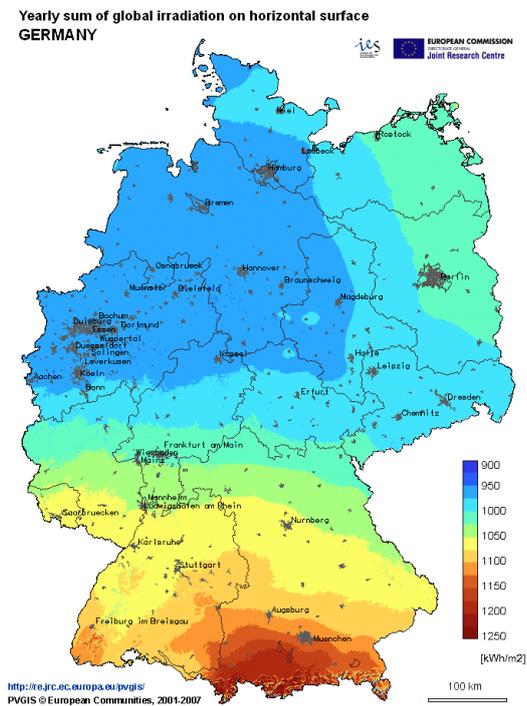


Figura 4. Mapa solar na Alemanha [25]

Para um consumidor residencial, de acordo com os custos citados e com uma tarifa padrão de R\$ 0,38/kWh e rendimento médio dos painéis de apenas 9%, não se consegue concorrer com o fornecimento de energia de uma concessionária. Entretanto, painéis com rendimento de 18% já teriam como ponto de equilíbrio entre o oitavo e nono ano, e com rendimento de 36% entre o quarto e quinto ano, sendo que com rendimento de 54% o ponto de equilíbrio estaria entre o segundo e o terceiro ano. Estas projeções foram efetuadas de acordo com os dados existentes, ou seja, com a evolução da tecnologia onde o rendimento dos painéis será cada vez maior, aliado a um custo produtivo menor (tecnologia amplamente conhecida com maior concorrência e maior qualidade), este ponto de equilíbrio tende a ser ainda menor do que o projetado neste estudo, acima das expectativas iniciais. No caso de consumidores industriais, em função das tarifas apresentadas atualmente, este ponto de equilíbrio tende a ser ainda menor, contribuindo significativamente quanto ao fornecimento de energia, o que instiga a uma revisão quanto à forma e aos valores tarifários praticados atualmente.

Quanto aos investimentos em usinas eólicas, estas estão se tornando uma opção cada vez mais interessante, tanto a nível global como a nível nacional. À nível mundial, temos alguns países com grande capacidade já instalada na geração de energia eólica, dentre eles se destacando os Estados Unidos com 35 GW, Alemanha com 26 GW, China com 25 GW, Espanha com 19 GW, e Índia com 11 GW aproximadamente [12]. As figuras 5, 6 e 7 apresentam globalmente as Capacidades Instaladas, Instaladas

Acumuladas e Instaladas por Região.

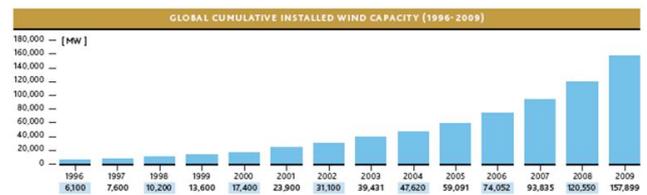


Figura 5. Global Cumulative Installed Wind Capacity (1996-2009) [12].

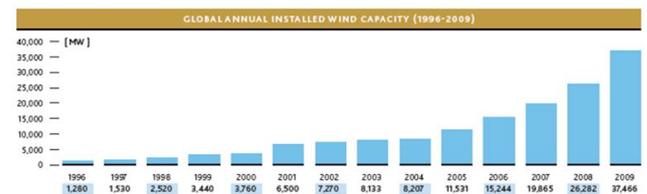


Figura 6. Global Annual Installed Wind Capacity (1996-2009) [12].

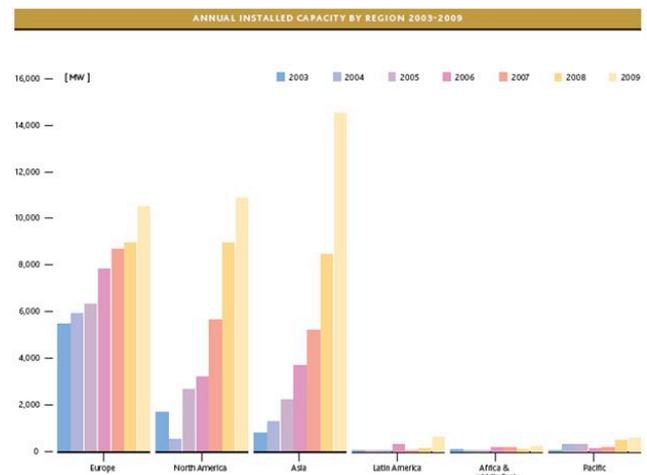


Figura 7. Annual Installed Capacity by Region 2003-2009 [12].

No Brasil, atualmente as usinas eólicas de maior capacidade de geração estão localizadas nas regiões sul, sudeste e nordeste do país, sendo que no Rio Grande do Sul que está o maior projeto eólico brasileiro. Entretanto, juntas a capacidade de instalação somam menos de 1.000 MW até o presente momento [16]. Entretanto, existe um potencial muito grande a ser explorado, graças às dimensões continentais que o país possui e a sua localização geográfica no globo, onde algumas áreas são muito favorecidas pelos ventos. Na figura 8 é apresentado o potencial eólico por região no Brasil.

No âmbito das usinas termoelétricas para a geração de energia elétrica, utiliza-se como matéria prima os derivados de petróleo, gás natural, carvão mineral, e o gás gerado pela biomassa através da sua queima. Em função da quantidade de poluentes gerados pela queima e pelo próprio processo de extração da matéria prima, prevê-se que a utilização dos derivados de petróleo e carvão mineral devem ter reduções significativas, sendo que o gás natural dependerá do aumento da extração das reservas existentes e uma menor

dependência do fornecimento de outros países. Todavia, no contexto atual do desenvolvimento sustentável, a biomassa tem se firmado cada vez mais num fator importante a ser considerada como fonte geradora de energia elétrica.

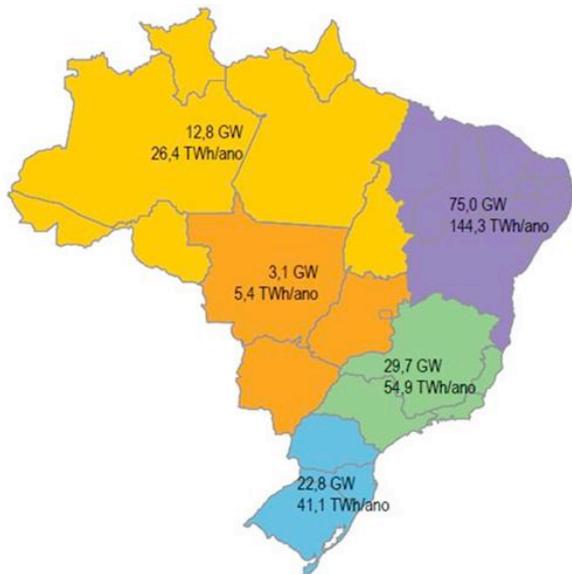


Figura 8. Potencial eólico brasileiro [8].

Isto deve-se principalmente pela Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS quanto a correta destinação de resíduos sólidos, sendo que os municípios tem até agosto de 2012 para elaborar individualmente o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos para continuar a ter acesso aos recursos do Governo Federal, e até agosto de 2014 para implantar aterros sanitários e eliminar os lixões, inclusive com a recuperação de áreas degradadas [18]. Este fato representa uma completa reformulação na forma como vemos os resíduos gerados em todos os setores, deixando de serem tratados apenas como “lixos”, e passarem a ser vistos como matéria prima para os processos existentes, quer seja através da reutilização ou reciclagem dos materiais, ou pelo aproveitamento do seu potencial energético através da geração de energia elétrica que pode ser utilizada pelo próprio processo gerador do resíduo, ou repassado para o sistema elétrico na forma distribuída.

Em contrapartida, as indústrias em geral deverão adequar os seus processos produtivos e logísticos para a reutilização dos seus resíduos gerados e utilização de material reciclado. Esta mudança de paradigma é fundamental para as pretensões do homem em termos de sustentabilidade, visto a tendência de esgotamento dos recursos naturais do planeta. Em contrapartida, a sociedade fazer também a sua contribuição quanto á mudança cultural necessária em relação ao consumo e forma de destinação de resíduos. As figuras 9-13 procuram representar de forma genérica a correlação entre os resíduos gerados num processo e a sua destinação, considerando a questão quanto aos objetivos do PNRS e à geração de energia elétrica através dos resíduos não aproveitáveis.

No Brasil apenas recentemente vem se considerando a questão da geração de energia elétrica através da queima de

resíduos, onde países da Europa e Ásia já utilizam esta forma de geração em larga escala. Tecnologias mais eficientes têm feito com que a taxa de conversão dos resíduos em energia tenha aumentado, e de maneira inversa tem-se emitido menores taxas de poluentes na atmosfera. No Japão a questão da incineração de resíduos é amplamente difundida, onde cerca de 80% dos seus resíduos são incinerados, e em países como Suíça e Bélgica é de 50% [19].



Figura 9. Correlação dos resíduos gerados num processo e seu reaproveitamento. Fonte: próprio autor



Figura 10. Classificação dos resíduos conforme PNRS. Fonte: próprio autor, adaptado de [10]

Embora esta seja uma opção viável, as divergências sociais no Brasil impedem que medidas similares sejam adotadas. Exemplo disto é o trabalho desenvolvido pelos catadores, que exercem um papel importante na coleta e separação do resíduo reciclado, e que em contrapartida acaba por gerar renda.



Figura 11. Principais objetivos do PNRS [10].

Evidentemente que medidas e políticas públicas adequadas deverão criar e apoiar iniciativas que promovam o bem estar social, de forma que ações como as cooperativas dos catadores para separação do material reciclado seja cada vez maior, principalmente nos grandes centros urbanos.

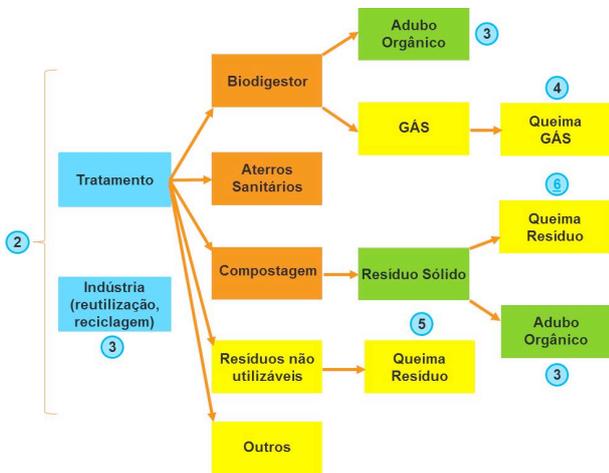


Figura 12. Proposta de utilização e destinação dos resíduos. Fonte: próprio autor, adaptado de [19]

Durante a Audiência Pública do PNRS – Região Sul (2011), vários atores se mostraram contrários à questão da incineração dos resíduos, temendo que os principais objetivos descritos no PNRS não sejam cumpridos.

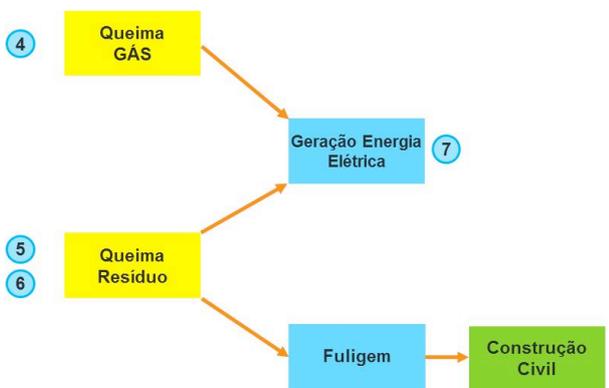


Figura 13. Proposta de utilização e destinação dos resíduos. Fonte: próprio autor, adaptado de [19]

Diferentemente disto, o processo apresentado na sequência de figuras 9-13 preconiza os objetivos descritos na versão preliminar do PNRS quanto a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final adequada dos resíduos.

A questão envolvida nesta discussão é a de que devem ser esgotadas todas as possibilidades principalmente quanto à reutilização e reciclagem dos resíduos, antes da disposição final dos mesmos ou para tratamento, conforme figuras 12-13.

Desta forma, entende-se poder atender aos objetivos estabelecidos pelo PNRS conforme demonstrado na figura 9, e ao mesmo tempo poder atender aos vários setores da economia com os subprodutos gerados pelos processos de

tratamento dos resíduos, conforme figuras 12-13, sendo um deles o setor de energia elétrica.

### III. METODOLOGIA DE PESQUISA

A questão fundamental proposta neste trabalho é a identificação de novos elementos a serem considerados para o Planejamento Energético – PE no Brasil, de forma a possibilitar durante o seu desenvolvimento novos aspectos a serem considerados. Esta análise poderá possibilitar uma diferenciação quanto a “como” e “de que modo” novos investimentos aconteçam nesta área pelo setor público e privado.

Neste contexto, a metodologia a ser desenvolvida parte da identificação do problema, onde a questão chave não é mais apenas a de suprir energeticamente a sociedade e os atores envolvidos, mas fazer isto de forma a desenvolver a sustentabilidade do sistema sob os aspectos ambiental, social e econômico, levando-se em consideração novas perspectivas e tendências quanto às fontes energéticas disponíveis, prevalecendo nesta análise as renováveis.

Deve se considerar também o aspecto da política pública, como no caso da geração de energia decorrente dos resíduos sólidos. Para isto, será importante a definição do método científico para a pesquisa, a amostra de dados a serem identificados e utilizados, e a identificação dos elementos a serem considerados para o Planejamento Energético Sustentável.

Quanto ao aspecto social, vale lembrar que se trata de todas as condições econômicas necessárias para o desenvolvimento humano e que interferem no seu bem-estar, visto que os indicadores atuais não demonstram com clareza este progresso das sociedades, e da necessidade quanto ao senso analítico com relação a três direções específicas: às relativas ao PIB, as relativas a mensuração da qualidade de vida, e as relativas ao desenvolvimento sustentável e meio ambiente [11]. Para corroborar neste sentido, já em 2006 houve a primeira publicação do HPI – Happy Planet Index, ou índice planeta feliz, onde aborda uma nova forma de pensar sobre a utilização dos recursos do planeta, de forma que estes devem atender a uma necessidade das pessoas chamada “felicidade”, considerando a questão ambiental, ou seja, além dos relacionamentos do homem as questões social, político, cultural, econômico e espacial, também a preocupação quanto a capacidade dos recursos naturais se regenerarem de modo a garantir as mesmas oportunidades às gerações futuras [21].

Após o desenvolvimento da proposta metodológica conceitual, buscar-se-á a aplicação desta para avaliação das informações obtidas e ajustes necessários no método. Para isto, será necessária uma amostra de informações confiáveis de uma região estabelecida, primeiramente com dados de anos anteriores para ajustes do método e análise dos resultados parciais obtidos, e depois para projeção de curto prazo. Isto possibilitará que ao mesmo tempo em que se ajuste o método desenvolvido, também se possa validar as informações futuras de curto prazo.

Um dos elementos que poderá ser levantado durante o desenvolvimento da pesquisa, é qual o “ponto ideal” de

participação de cada fonte energética para que ela se torne atrativa, mas não apenas sob o aspecto financeiro, mas também levando em consideração a questão do impacto ambiental, social, do tempo de implantação da usina geradora, e o prazo de retorno do investimento. Isto poderá possibilitar uma visão mais abrangente dos aspectos relacionados em comparação com o que se possui atualmente, onde o planejamento basicamente leva em consideração as demandas previstas e capacidades produtivas por tipo de fonte energética.

Estas informações se tornam de suma importância neste processo, uma vez que poderão inferir na estratégia de investimentos no setor elétrico, quer seja nas tecnologias adotadas, fontes energéticas utilizadas, impactos ambiental, social e financeiro decorrentes, bem estar da população, e a capacidade de atendimento de energia em regiões atualmente com certa precariedade de fornecimento devido ao distanciamento dos grandes centros geradores, como por exemplo a região da Amazônia, o sertão nordestino, e todas as demais regiões afastadas dos grandes centros urbanos e que possuem precariedade no fornecimento de energia.

Há de se considerar também a eficiência energética, a qual deverá a ser incrementada nos projetos em desenvolvimento e nos já desenvolvidos, onde opções como a “repotencialização” de usinas, independentemente da fonte utilizada, passa a ser uma alternativa interessante se comparada com o desenvolvimento e implantação de uma nova.

A análise destas alternativas poderá fornecer indicativos importantes a serem considerados para futuros investimentos na pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias, assim como em possível nacionalização daquelas já amplamente desenvolvidas e aplicadas em outros países. A figura 14 mostra a proposta inicial da pesquisa.

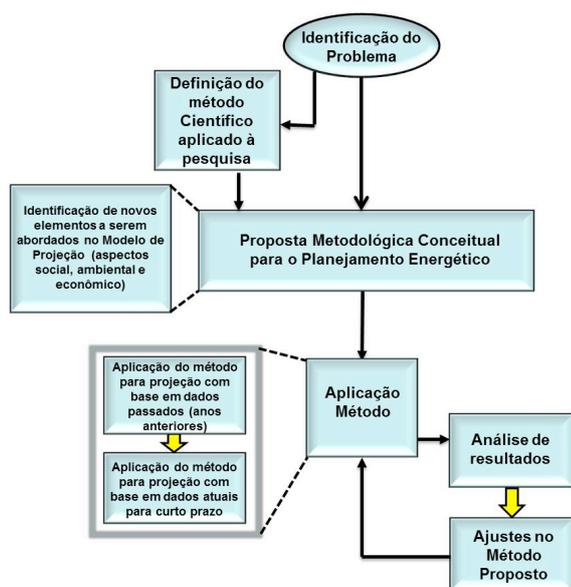


Figura 14. Proposta Metodológica Conceitual para o Planejamento Energético. Fonte: próprio autor

Neste processo, parâmetros deverão ser propostos para a

exploração de determinados tipos de serviço, como já ocorre atualmente.

No caso da geração de energia elétrica proveniente da queima de resíduos sólidos, o poder público amparado em experiências de outros países e em modelos pesquisados e desenvolvidos pela academia, deverá estabelecer, por exemplo, limites de contratação e especificações a serem consideradas para a seleção de “quais resíduos estarão aptos para queima”, além da utilização de tecnologias avançadas que propiciem uma eficiência superior às encontradas atualmente no mercado, com baixo impacto ambiental e social. Além disto, os próprios resíduos provenientes da queima, em função de processos e tecnologias adequadas desenvolvidas, poderão retornar em forma de insumos em processos produtivos como no caso da construção civil, com a fabricação de materiais alternativos e ecológicos.

#### IV. CONCLUSÕES

Existe um modelo empírico com elementos mínimos para alcançar o desenvolvimento sustentável, modelo este que obrigatoriamente tem que ter uma visão multidisciplinar que envolva ao menos aspectos econômicos, sociais, culturais e dos recursos naturais, entre outros. A incorporação de outras variáveis diferentemente das existentes atualmente para a formulação e à análise de políticas públicas, tais como as relações de poder e a integração entre as diferentes fases do processo decisório, com a incorporação de outros elementos à sua formulação e à sua análise além das questões de racionalidade, tais como o papel das eleições, das burocracias, dos partidos e dos grupos de interesse, poderão interferir nos processos decisórios sobre quais investimentos serão realizados e de que forma isto ocorrerá.

O crescimento populacional e industrial, associado ao crescimento da renda per capita prevista para um horizonte de 20 anos, conforme demonstrados na figura 1 e tabela I, são fatores que impulsionarão os investimentos na matriz energética em todo o mundo. Isto inclusive deverá mudar em muito as relações existentes entre os países e as suas produções, visto que as projeções apontam para um crescimento muito grande da renda per capita na China para os próximos 20 anos (será aproximadamente 8 vezes maior em relação a 2010). De maneira geral, em todas as regiões haverá crescimento, mas nada igual a China. Isto poderá afetar significativamente os cenários existentes onde muitos processos produtivos estão sendo levados para China, Índia e alguns países da América Latina e Caribe.

Geograficamente, a maioria das regiões da América Latina e Caribe por terem uma bacia hidrográfica bastante extensa, deverão ainda ter como fonte geradora de energia elétrica e impulsionadora do desenvolvimento da sociedade as hidroelétricas. Entretanto, as pressões sociais e ambientais tendem a ficar cada vez mais intensas, assim como novos métodos científicos para avaliação dos custos dos impactos produzidos para a implantação e manutenção por tipo de fonte geradora deverão surgir, trazendo subsídios para os poderes públicos e privados quanto ao destino de novos investimentos em fontes alternativas de energia.

Da mesma forma quanto à implementação das ações e diretrizes da PNRS impulsionarão os setores envolvidos,

incluindo a questão da geração de energia elétrica em escalas maiores do que as existentes atualmente. Para isto, o mapeamento do ciclo completo de desenvolvimento dos produtos gerados pelas empresas e organizações, incluindo questões como não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final adequada dos resíduos sólidos deverão ser intensificados. Do mesmo modo, deverão ser desenvolvidos novos processos e tecnologias para a recuperação de áreas degradadas, incluindo os aterros sanitários de ontem, e que por falta de critérios, de fiscalização ou de incentivos do governo, acabam por se transformar em “lixões”.

Para atender a todas estas demandas, é imprescindível o apoio governamental e da iniciativa privada quanto à pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias. Caberá ao Governo Federal incluir nas suas políticas os respectivos incentivos necessários para este apoio, quer sejam através de subsídios ou não.

É inevitável que os investimentos em fontes renováveis de energia como eólica e fotovoltaica estejam em alta, mediante a evolução das tecnologias utilizadas tanto a nível mundial como nacional, e respectivamente pela diminuição dos custos de implantação e melhoria significativa na eficiência nestas tecnologias, a ponto de se comparar os custos relacionados a outras fontes historicamente importantes como hidroelétricas e termoeletricas.

Têm-se que se refletir também sobre a sazonalidade na geração de energia através destas fontes, pois as mesmas não produzem energia elétrica de forma linear durante todo o ano, variando de região para região de acordo com a época do ano. No mesmo momento em que temos chuvas em abundância em determinadas épocas, o que beneficia a geração de energia através das hidroelétricas, em outro momento temos a escassez das chuvas e a predominância de radiação solar, o que beneficia a geração de energia através de fontes fotovoltaicas. Em outros momentos ou às vezes concomitantemente, temos a predominância dos ventos em determinadas regiões, o que beneficia a eólica.

Diante destas variáveis, o que se entende é que o fornecimento quase que exclusivo de poucas fontes geradoras de energia como a hidroelétrica e as termoeletricas, esta última fortemente dependente de combustíveis fósseis, torna-se um modelo obsoleto visto que embora ainda atenda as demandas atuais, tendem a ter cada vez mais dificuldades em atender demandas futuras, quer seja pela questão do crescimento populacional e industrial, quer seja pela questão sócio-ambiental, ou ainda pela dependência dos ciclos das chuvas (cada vez mais irregulares), o que faz com que a opção por alternativas consorciadas de geração torne-se cada vez mais atraente em todos os aspectos: social, ambiental e econômico. Desta forma, enquanto em determinadas regiões temos abundância de chuva, o que propicia a geração através de hidroelétricas, ao mesmo tempo temos em outros centros o desabastecimento e uma radiação mais intensa, o que propicia a geração através de fonte fotovoltaica e que pode auxiliar na manutenção de reservas nas bacias hidrográficas. Aliada a isto, temos a questão da geração distribuída (SFCR's), e que poderão auxiliar de forma ímpar no

atendimento das demandas especialmente nos grandes centros urbanos.

A questão da eficiência energética já tem assumido um papel importante na economia, e assumirá um papel ainda mais importante nos próximos anos. À medida que tecnologias ultrapassadas como por exemplo da lâmpada incandescente forem desaparecendo, tecnologias mais eficientes tomarão conta do mercado. Se num futuro muito próximo podemos dizer que as lâmpadas fluorescentes (compactas ou não) tomarão conta do mercado, já devemos pensar que a médio prazo os projetores a Led's serão a próxima tecnologia a ser adotada, cujo desenvolvimento tecnológico tem sido muito grande, fazendo com que a qualidade e eficiência tenham aumentado significativamente nos últimos anos, ao mesmo tempo que os custos tem caído vertiginosamente. Somando-se a isto, temos ainda a iluminação fornecida diretamente da luz solar através de fibra ótica, o que gerará uma economia considerável de energia durante o dia, justamente nas horas onde a maior parte do trabalho humano é desenvolvido, fazendo com que “esta energia extra” possa agora ser empregada em outros setores da sociedade. Todos os tipos de edificações poderão utilizá-la, sem custo e com impactos ambientais reduzidos, fornecendo uma iluminação de maior qualidade e trazendo um bem estar maior ao ser humano, o que poderá se traduzir em um “maior índice de felicidade”. Controles automatizados poderão ser elaborados de forma a controlar o nível de iluminação nos ambientes, de forma que ela esteja sempre adequada ao ser humano e ao seu local de trabalho ou de lazer.

Diante disto, todas estas alternativas somadas se traduzem num novo parâmetro de planejamento energético a ser elaborado, talvez nem tanto com relação ao descobrimento de “uma nova fonte”, mas mais em função da dimensão que algumas fontes energéticas estarão se desenvolvendo e que, quando somadas todas estas iniciativas, poderão ganhar uma proporção ainda maior.

Durante este estudo, método semelhante de planejamento incluindo outros elementos foi observado, como é o caso do Planejamento Integrado de Recursos Energéticos - PIR, onde em alguns países como Áustria, EUA e China, dentre outros, têm sido desenvolvido. No Brasil temos o PIR desenvolvido e aplicado pela CEMIG e um estudo de caso da Reserva Sustentável de Mamirauá no estado do Amazonas, além de alguns estudos acadêmicos [13], [17]. No entanto ainda é muito pouco difundido, principalmente em virtude da grande quantidade de variáveis relacionadas e da sua complexidade de extração de dados e análise dos dados obtidos, o que requer processos computacionais também complexos, com a utilização de ferramentas e conceitos poderosos como OLAP, Data Warehouse, ou ainda técnicas de mineração de dados – Data Mining. Sem dúvida são trabalhos importantes e que poderão auxiliar a posicionar o Planejamento Energético num novo patamar de desenvolvimento.

Neste contexto, a determinação de novos conceitos e métodos, em conjunto com a identificação de novos elementos, poderão contribuir de forma significativa no planejamento energético e na elaboração de uma nova

matriz energética.

## V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### *Relatórios Técnicos:*

- [1] REN21. Renewables 2007 - Global Status Report. p.54, 2007.
- [2] REN21. Renewables 2009 update - Global Status Report. p.32, 2009.
- [3] Displaybank. 2009 Global PV Market Grew 9.1% to 6.0GW. Disponível em: <http://www.displaybank.com/eng/info/sread.php?id=5728>
- [4] EPIA. Global market outlook for photovoltaics until 2014. Belgium, p.26, 2010.
- [5] Photon-International. 1 GW in sight. march, 2010a.
- [6] Photon-International. Disappointing developments. march, 2010b.
- [7] Photon-International. Surprise, surprise. march, 2010d.
- [8] ANEEL. Atlas de Energia Elétrica do Brasil. 3a. Edição, 2008.
- [9] IEA. Photovoltaic Power Systems Programme, [Trends Report 2010 \(high\)](http://www.iea-pvps.org/index.php?id=32). Disponível em: <http://www.iea-pvps.org/index.php?id=32>.
- [10] MMA - Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Versão Preliminar, 2011. Disponível em: [http://www.cnrh.gov.br/pnrs/documentos/audiencia/versao\\_Preliminar\\_PNRS\\_WM.pdf](http://www.cnrh.gov.br/pnrs/documentos/audiencia/versao_Preliminar_PNRS_WM.pdf)
- [11] Relatório Stiglitz-Sem-Fitoussi. Comissão sobre a Mensuração do Desempenho Econômico e Progresso Social. Disponível em: [http://www.stiglitz-sen-fitoussi.fr/documents/rapport\\_anglais.pdf](http://www.stiglitz-sen-fitoussi.fr/documents/rapport_anglais.pdf)
- [12] EWEA - European Wind Energy Association. Disponível em: [http://www.ewea.org/fileadmin/ewea\\_documents/documents/statistics/gwec/GWEC\\_-\\_Table\\_and\\_Statistics\\_2009.pdf](http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/statistics/gwec/GWEC_-_Table_and_Statistics_2009.pdf)

### *Artigos em Anais de Conferências (Publicados):*

- [13] F. M. Azevedo, J. A. B. Grimoni e M. E. M. Udaeta. “Modelagem de uma ferramenta analítica aplicada ao planejamento integrado de recursos energéticos,” Revista Brasileira de Energia, Vol. 16, nº2, 2º Sem. 2010, pp. 63-76.
- [14] R. S. Benedito e R. Zilles. “A expansão da oferta de energia elétrica nos centros urbanos brasileiros por meio de sistemas fotovoltaicos conectados à rede,” Revista Brasileira de Energia, Vol. 16, nº1, 1º Sem. 2010, pp. 7-19.
- [15] T. M. de Souza, O. Canciglieri Junior, F. Micerino, P. Njaim, P. Magalhães Sobrinho, Kenji. “A Geração de Energia Elétrica: um Estudo Comparativo entre a Hidrelétrica e a Fotovoltaica”. The 9th Latin-American Congress on Electricity Generation and Transmission - CLAGTEE 2011.

### *Dissertações e Teses:*

- [16] J. Urbanetz Junior. "Sistemas fotovoltaicos conectados a redes de distribuição urbanas: sua influência na qualidade da energia elétrica e análise dos parâmetros que possam afetar a conectividade". Tese de doutorado - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, 2010.
- [17] A. L. V. Gimenes. “Modelo de integração de recursos como instrumento para um planejamento energético sustentável”. Tese de doutorado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - EPUSP. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétrica. São Paulo, 2004.

### *Leis:*

- [18] Lei nº 12.305/2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Decreto Federal 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm)

### *Livros:*

- [19] D. B. Bartholomeu e J. V. Caixeta-Filho. “Logística Ambiental de Resíduos Sólidos,” São Paulo: Editora Atlas, 2011.
- [20] SENAI - FIEP. “Cenários Energéticos Globais 2020”. 2ª Edição, 2007.
- [21] C. L. da Silva e J. E. de Souza-Lima. “Políticas públicas e indicadores para o desenvolvimento sustentável”. Editora Saraiva, 2010.
- [22] J. C. Glenn, T. J. Gordon, and E. Florescu. “2011 State of The Future”. The Millennium Project, Global Futures Studies &

Research. 2011. Disponível em: <http://www.millennium-project.org/millennium/2011SOF.html>

- [23] F. G. Heidemann e J. F. Salm. “Políticas Públicas e Desenvolvimento. Bases epistemológicas e modelos de análise”. Editora UnB, 2ª edição, 2010.
- [24] H. M. van Bellen. “Indicadores de Sustentabilidade. Uma análise comparativa”. Editora FGV, 2ª edição, 2006.
- [25] European Commission - European Solar Teste Installation. Solar radiation and photovoltaic electricity potential country and regional maps for Europe. Disponível em: [http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmeps/eu\\_opt/pvgis\\_solar\\_optimum\\_DE.png](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmeps/eu_opt/pvgis_solar_optimum_DE.png)



## A DIALÉTICA APLICADA À ÁREA AMBIENTAL: EDUCAÇÃO DE ADULTOS SOBRE OS RISCOS DO CROMO HEXAVALENTE

ISSN 1809-3957

ANARAÍ POLETTO DE CHRISTO<sup>1</sup>; MICHELLE SATO FRIGO<sup>2</sup>; ELISANDRO PIRES FRIGO<sup>2</sup>; DINÉIA TESSARO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>universidade Dinâmica Das Cataratas – Udc; <sup>2</sup>universidade Federal Do Paraná – UFPR;

<sup>3</sup>Universidade Tecnológica Federal Do Paraná - UTFPR

**Resumo:** Os metais têm uma intensa relação com a história da humanidade, pois possuem inúmeras aplicações. O cromo, igualmente aos outros metais, é de suma importância para o desenvolvimento de algumas atividades como: cromagem, confecção de ligas com ferro, fabricação do aço inoxidável, dentre outras. Por ser um metal de transição possui diferentes estados de oxidação, onde os mais importantes são as formas +3 (trivalente) e +6 (hexavalente). O cromo hexavalente é considerado o estado mais tóxico e encontra-se nos resíduos produzidos por estas atividades, principalmente pela cromagem, e se não for utilizado corretamente pode acarretar em sérios danos ao meio. Tendo em vista a preocupação pelo desenvolvimento desta prática de forma informal foi elaborado um Folheto Técnico em formato pergunta-resposta, com conceitos básicos sobre o cromo, ressaltando o potencial tóxico de seus resíduos para o meio ambiente e para a saúde humana. Utilizou-se uma linguagem acessível para possibilitar total compreensão por parte do trabalhador, baseado nos estudos de dialética de Paulo Freire. O folheto técnico desenvolvido obteve êxito em sua aplicação justamente por ser construído de forma participativa.

**Palavras-Chave:** Cromagem – Metal pesado – Metal de transição.

### I. INTRODUÇÃO

Os metais vêm sendo utilizados há muitos anos para diversos fins na sociedade, desempenhando um importante papel para o avanço tecnológico. No entanto, apesar de apresentar diversos benefícios ao homem, este vem os explorando de maneira irracional e até mesmo inconsciente, provocando impactos negativos ao meio ambiente e conseqüentemente na saúde humana, caracterizando a falta de conhecimento como um dos principais fatores relacionados a acidentes envolvendo os metais.

Dentre os metais comumente utilizados o cromo é classificado como metal em transição, que apresenta diferentes estados de oxidação (LEE, 1999), sendo a forma trivalente (+3) e hexavalente (+6) as mais comuns (RUSSELL, 1994) e, importantes para a saúde humana (WHO, 1988).

A forma trivalente encontra-se no meio ambiente em rochas, plantas, solo, poeira e gases emitidos por vulcões

e é considerado um elemento nutritivo essencial que auxilia na utilização de açúcar, proteínas e gorduras. Já a forma hexavalente é produzida, em processos industriais, resultado das atividades humanas (ATSDR, 2001; SILVA e PEDROZO, 2001; ATSDR, 2001; WHO, 1988). O principal uso dá-se na metalurgia para a confecção de ligas com ferro, pois a sua presença aumenta a resistência à corrosão, à oxidação e a habilidade de resistir ao estresse a altas temperaturas (GUSMÃO, 2004).

Adicionalmente, os compostos de cromo são utilizados como substâncias que ligam certos corantes às fibras têxteis, por exemplo, sais trivalentes de cromo e óxidos metálicos; oxidantes e catalisadores na manufatura de produtos como a sacarina; na purificação de óleos, gorduras e outros produtos químicos; e como agentes para aumentar a capacidade desumificante em colas, tintas e géis (GUSMÃO, 2004).

Apesar da ampla utilização do cromo no segmento industrial, os efeitos da exposição ao cromo podem trazer prejuízos à saúde humana e dependem de diversos fatores, sendo: duração da exposição, a concentração e as características apresentadas pelo organismo de cada indivíduo (ATSDR, 2001). Em relação à saúde humana, destaca-se como efeitos negativos, danos gastrointestinais, insuficiência hepato-renal, lesões nasais, cutâneas, hepáticas e renais (NAVARRETE, 1985). Além disso, os compostos de cromo hexavalente são cancerígenos, com capacidade mutagênica e teratogênica (WHO, 1988).

Nessa perspectiva, o presente trabalho teve por objetivo elaborar um folheto técnico, a ser aplicado através de educação ambiental informal, sobre um importante metal, o cromo, destacando seu estado hexavalente.

### Questões ambientais educacionais

As propostas de educação para o ambiente possuem inclinação para o predomínio de uma perspectiva biológica, porém deve-se cuidar para não ocorrer esse reducionismo, pois ao colocar a educação ambiental unicamente ao ensino da biologia reduz a abordagem

complexa, multifacetada, ética e política das questões ambientais aos seus aspectos biológicos (GRÜN, 1996).

Segundo BRUGGER (1994) a inclinação de classificar o problema ambiental a um problema técnico além de simplificador reduz a multidimensionalidade da temática ambiental, promovendo a tecnocracia e afastando os cidadãos de participar da solução de seus próprios problemas.

Para FREIRE (1997) a educação dirigida ao ambiente deve ser:

- Democrática – segundo o interesse da maioria dos cidadãos;
- Participativa – estimula a participação social durante o planejamento, execução e avaliação das respostas para atender aos problemas vividos pela comunidade;
- Crítica – questiona e avalia a realidade socioambiental;
- Transformadora – busca a politização e mudança das relações sociais, dos valores e práticas contrárias ao bem público;
- Dialógica – baseada no diálogo entre todos os participantes do processo educativo e da população circundante;
- Multidimensional – compreensão dos fatos na integração da realidade;
- Ética – priorização a defesa da vida, da solidariedade e da sustentabilidade socioambiental.

#### **Breves conceitos**

A informação possui um papel de destaque, onde a educação pode motivar e sensibilizar as pessoas para transformar as formas de participação na defesa da qualidade de vida (JACOBI, 2004). Devendo ter como base o pensamento crítico e inovador em seu modo formal, não formal e informal (SPAZZIANI, 2004).

A educação ambiental bem aplicada tem que ter relação com o dia-a-dia das pessoas, caso contrário é distante e artificial (MINC, 2005). É importante compreender como as pessoas pensam, aprendem e agem no meio em que vivem, pois a prática da educação ambiental depende da concepção de cada indivíduo sobre o meio ambiente (HIGUCHI e AZEVEDO, 2004).

A educação é comunicação, é recíproca, é diálogo, não apenas transferência de conhecimento e sim co-participação no ato de compreender. A comunicação é essencialmente lingüística (FREIRE, 1980).

A linguagem técnica deve ser adaptada a realidade de cada local a se trabalhar, de forma que seja compreensível para ambos os sujeitos que se comunicam (FREIRE, 1980).

O ser humano está constantemente na busca do saber, do conhecimento e de seu aprimoramento. Em suas relações uns com os outros no mundo e com o mundo conhecem e comunicam-se sobre o objeto conhecido. Nesta relação assumem-se como seres pensantes, comunicantes, transformadores, criadores e realizadores de sonhos. Assumem-se como sujeitos, implicando na não negação ou exclusão do outro (FREIRE, 1997).

O diálogo e a comunicação são primordiais na relação humana e na condição para o ser humano formar-se como pessoa (FREIRE, 1986).

## **II. MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi desenvolvido em uma indústria de galvanização situada no município de Foz do Iguaçu – Pr. A indústria, de pequeno porte, desenvolve práticas de cromagem de forma inadequada, utilizando espaço não restrito e inadequado para o desenvolvimento desta atividade.

Os resíduos de cromo e outros metais entram em contato direto com o solo e com animais domésticos, bem como os funcionários, pois o uso de equipamentos de proteção individual são precários e utilizados de maneira incorreta.

Após as visitas, buscou-se compreender a realidade social e econômica em que esse grupo de pessoas está inserido e, através desta comunicação, elaborou-se o folheto técnico que dispõe de uma linguagem adequada a realidade do local, tendo em vista que o material já existente utiliza a comunicação de signos e linguagem extremamente técnicos, impossibilitando uma total compreensão por parte do trabalhador.

O folheto técnico caracteriza-se como uma prática de educação ambiental informal que combina elementos científicos e teóricos de maneira clara e objetiva. Para isso, foram expostos no folheto conceitos básicos sobre o cromo, levantadas através de revisão bibliográfica, descrevendo as principais características do metal, aplicações, efeitos no meio ambiente e na saúde, toxicidade dos resíduos e um alerta para o perigo da manipulação do mesmo, sem o cuidado e o conhecimento necessário. Também foram incluídas informações de laboratórios onde podem ser feitas análises para verificar os níveis de cromo no corpo humano, atendendo ao pedido dos trabalhadores.

Optou-se pelo formato “perguntas-respostas”, devido à percepção do andamento das conversas durante as visitas, expondo as respostas para as principais dúvidas apresentadas pelos trabalhadores, de maneira didática.

As questões inseridas no folheto técnico seguem abaixo:

1) O que é cromo?

O cromo é um elemento químico classificado como um metal altamente resistente à corrosão. De cor prata, suas formas mais comuns são: cromo III ou, trivalente e cromo VI ou, hexavalente.

2) Onde se encontra o cromo iii ou trivalente? Qual sua importância?

Encontra-se naturalmente no meio ambiente e é considerado um elemento nutritivo essencial, pois auxilia o organismo humano a utilizar açúcar, proteínas e gorduras. Porém, como toda substância se estiver em excesso pode ser prejudicial à saúde.

3) Onde se encontra o cromo vi ou hexavalente?

Diferente do cromo III o cromo VI é produzido, em sua maior parte, pelo homem através da indústria. É considerada a forma de cromo prejudicial para o meio ambiente e para o ser humano. Causa câncer, mutações e problemas na formação de fetos.

4) Quais são as principais utilizações do cromo?

- Revestimento de superfície, dando a peça um aspecto brilhante, através de um processo denominado cromagem e galvanoplastia;

- Na metalurgia a principal função é na formação de ligas com ferro;
  - Fabricação de aço inoxidável;
  - Em indústrias têxteis, como substâncias que ligam certos corantes as fibras dos tecidos;
  - Fabricação de tijolos, refratários, armas e como material de reparo em fornos de alta temperatura;
  - Indústrias de vidro;
  - Curtimento do couro;
- 5) Onde posso encontrar o cromo?

O cromo é retirado de um mineral chamado cromita. Suas reservas estão em três estados brasileiros: Bahia, Amapá e Minas Gerais. Também pode ser encontrado naturalmente, em pequenas quantidades que não são prejudiciais a saúde, nas rochas, plantas, solo, poeira e gases emitidos por vulcões.

- 6) Todas as formas do cromo são prejudiciais a saúde?

Não. Apenas o cromo VI ou hexavalente.

- 7) Quais são os efeitos do cromo no meio ambiente?

Os efeitos do cromo no meio ambiente (terra, água e ar) dependem da quantidade e do tipo do cromo (III ou VI) que são jogados fora sem o devido cuidado. Se forem grandes quantidades isto pode interferir diretamente nas cadeias alimentares. Por exemplo, se um boi bebe água em um lago em que foram jogados restos (resíduos) do cromo VI e o homem comer a carne deste animal, conseqüentemente o homem consumiu o cromo VI, contaminou-se, prejudicando sua saúde.

- 8) Quais são os efeitos do cromo no corpo humano?

Os efeitos do cromo no corpo humano dependem de diversos fatores como o tempo de contato e quantidade de cromo, assim como, as características do organismo de cada pessoa. A exposição a altos níveis de cromo hexavalente pode causar:

- Se for através da respiração: irritação e/ou sangramento no nariz, feridas e aumenta a chance de câncer de pulmão;
- Se for através do consumo de água e alimentos contaminados: dor no estômago, feridas, convulsões, prejudica fígado e os rins, podendo levar a morte;
- Contato com a pele = provoca feridas e em pessoas sensíveis ao cromo VI pode ocorrer alergias;
- Contato com os olhos = conjuntivite e dores.

- 9) Como posso me contaminar?

Através de duas formas: trabalhando na mineração para extração do cromo, em indústrias e fábricas que o processam, ou vivendo ao redor destas indústrias, que não possuem licença para estar funcionando e, acabam não tendo cuidado com a eliminação dos restos (resíduos) de cromo e com a liberação e gases tóxicos no ar. Outra forma de contaminação é através de alimentos e águas contaminadas.

- 10) Os resíduos de cromo são perigosos?

Sim. Os resíduos de cromo possuem altos níveis de cromo VI e cromo III, e se não forem tratados e colocados em um local certo podem atingir o lençol freático, reservatórios ou rios que são fontes de abastecimento de água para as cidades. Se os resíduos forem colocados diretamente na terra, o cromo pode ser aproveitado por plantas que poderão servir de alimento para o homem ou animais, contaminando assim, as pessoas.

- 11) Se o cromo for utilizado de forma incorreta, quais são suas consequências?

Pode ocorrer a contaminação do meio ambiente e conseqüentemente das pessoas e dos animais provocando danos permanentes.

- 12) Quais são os equipamentos de segurança (EPI) que devo utilizar para mexer com o cromo?

Usar luvas, botas e roupas de borracha, máscara, óculos de acrílico com proteção lateral, sendo que para cada atividade desenvolvida com um composto de cromo existe um EPI específico.

- 13) Qualquer pessoa pode utilizar o cromo?

Não, pois são necessários cuidados especiais como: conhecimento técnico sobre o trabalho a ser realizado, participar de treinamentos para saber como se proteger e como mexer com o cromo durante o processo industrial e no tratamento dos resíduos.

- 14) Como posso evitar as contaminações?

A reciclagem dos resíduos de cromo é uma alternativa que evita várias etapas de extração e processamento industrial, colaborando para a preservação do meio ambiente e para a diminuição de gastos com matérias-primas, com a disposição e transporte destes resíduos. Além disso, o uso de equipamentos de proteção e manipulação adequado do cromo, minimizam os riscos de contaminação.

- 15) Como posso saber se estou contaminado com o cromo?

Para isso é necessário fazer exame de urina e sangue que pode ser realizado através em laboratórios de análises clínicas.

### III RESULTADOS E DISCUSSÃO

A falta de conhecimento é a principal causa de acidentes envolvendo os metais, inclusive o cromo, gerando consequências negativas para o meio ambiente, pois as pessoas que o manipulam não possuem consciência do potencial nocivo de seus compostos e resíduos, principalmente em caso de trabalho informal.

A realização de visitas ao local e a comunicação estabelecida com os trabalhadores foi de fundamental importância, para a elaboração do folheto técnico que, pelo seu formato de linguagem acessível, obteve a compreensão e sensibilização dos mesmos.

Segundo Jacobi (2004), a transmissão de informação ocupa um lugar de destaque, afirmando que a educação sensibiliza as pessoas transformando suas ações na defesa da qualidade de vida, baseadas no conhecimento adquirido.

Para Higuchi e Azevedo (2004) é essencial compreender como as pessoas pensam, aprendem e agem no meio em que vivem, pois a prática da educação ambiental depende da concepção de cada indivíduo sobre o meio ambiente. Logo, a educação não é apenas transferência de conhecimento e sim co-participação no ato de compreender. Desta maneira, a linguagem técnica deve ser adaptada à realidade de cada local a se trabalhar, bem como das características das pessoas envolvidas (FREIRE e SHÖR 1986).

Isto ficou evidente na realização deste estudo, em que os trabalhadores destacaram que não tinham consciência

do potencial tóxico do cromo sobre a saúde e o meio ambiente. Contudo, embora apresentassem baixo nível de escolaridade, demonstraram grande interesse de mudança de hábitos na indústria, até mesmo em relação à utilização adequada dos equipamentos de proteção individual, visando minimizar tais riscos. Tal mudança de pensamento e interesse em adquirir uma nova postura, que reduza aspectos negativos sobre a saúde e o meio ambiente, foi alcançada de maneira simples, demonstrando que a forma pela qual as informações são abordadas e transmitidas, é determinante para o êxito da prática.

#### IV. CONCLUSÃO

A educação pode sensibilizar um indivíduo, contribuindo para a transformação de suas práticas, onde a informação tem um papel fundamental. Porém essas informações não podem ser transmitidas simplesmente como uma transferência mecânica, sendo necessário que estabeleça-se o diálogo, a comunicação, de acordo com as características do público alvo.

O folheto técnico desenvolvido obteve êxito em sua aplicação, por possuir uma linguagem compreensível para o trabalhador, pois foi definido o formato pergunta-resposta e o seu conteúdo, através das próprias dúvidas levantadas.

Porém deve-se destacar que a obtenção de resultados concretos, para a diminuição ou não realização de práticas que degradem o meio ambiente e afetem a saúde humana são conquistadas em longo prazo, tendo vista que há necessidade de uma mudança conceitual e de valores, pois a educação é um processo contínuo.

#### 16) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[ATSDR] AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. **Chromium**. U. S. Department of Health & Human Services. Atlanta, 2001.

BRUGGER, P. **Educação ou adestramento ambiental?** Santa Catarina: Letras Contemporâneas, 1994, 142 p.

FREIRE, P. **Extensão ou comunicação?** 4 ed. Rio de Janeiro: Paz e terra, 1980.

\_\_\_\_\_; SHÖR, I. **Medo e Ousadia: o cotidiano do professor**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1986.

\_\_\_\_\_. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 6 ed. São Paulo: Paz e Terra, 1997, 165 p.

GRÜN, Mauro. **Ética e educação ambiental: a conexão necessária**. Campinas, SP: Papyrus, 1996, 120 p.

**Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste artigo.**

GUSMÃO, L. F. M. de. **Efeitos do Cobre e Cromo na Comunidade Zooplânctônica: Um estudo experimental em mesocosmos**. 2004. 268f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

HIGUCHI, M. I. G.; AZEVEDO, G. C. Educação como processo na construção da cidadania ambiental. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, Brasília: Rede Brasileira de Educação Ambiental, v. il, n. 0, p. 63-70, nov. 2004.

JACOBI, P. Educação e meio ambiente – transformando as práticas. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, Brasília: Rede Brasileira de Educação Ambiental, v. il, n. 0, p. 28-35, nov. 2004.

LEE, J. D. **Química inorgânica não tão concisa**. Tradução de TOMA, H. E.; ARAKI, K.; ROCHA, R. C. São Paulo: Ed. Edgard Blucher, 1999. 527 p. Título original: Concise inorganic chemistry.

MINC, C. **Ecologia e cidadania**. 2 ed. São Paulo: Moderna, 2005. 152 p.

NAVARRETE, A. F. Cromo. In: ECO; Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. **Curso básico de toxicología ambiental**. Metepec: ECO, 1985. p. 231-243.

RUSSELL, J. B. **Química geral**. Tradução de GUEKEZIAN, M. et. al. 2 ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 1994. 2 v. Título original: General Chemistry.

SILVA, C. S. da; PEDROZO, M. de F. M. **Ecotoxicologia do cromo e seus compostos**. Cadernos de referência ambiental; v. 5, 100 p. Salvador: CRA, 2001.

SPAZZIANI, M. de L. A formação de educadores ambientais para sociedades sustentáveis: memórias do processo de elaboração do projeto-piloto de um curso de especialização. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, Brasília: Rede Brasileira de Educação Ambiental, v. il, n. 0, p. 39-46, nov. 2004.

[U. S. EPA] United States ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Toxicological review of hexavalent chromium: In support of summary information on the Integrated Risk Information System (IRIS)**. Washington, DC, 1998.

[WHO] WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Chromium**. Geneva, 1988. (Environmental Health Criteria, 61).