

# PÁRA-RAIOS RADIOATIVOS: GESTÃO E ESPACIALIDADE NO MUNICÍPIO DE RIO CLARO-SP - RISCOS DE CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL

Gerson A. Santarine<sup>1</sup>  
Carolina Roberta Alves de Matos<sup>2</sup>

## Resumo

Nos anos 70 pára-raios radioativos apareciam como alternativa muito promissora para substituição dos pára-raios convencionais. Nos anos 80 considerando-se que ambos tipos protegiam praticamente a mesma área uma grande inquietação surgiu: o tempo de vida do captor iônico o qual contem o material radioativo (30 anos) é muito inferior à meia vida do isótopo radioativo empregado como fonte de radiação (430 anos), levando-se a uma preocupação de caráter ambiental. A não existência de programas nas agências regulatórias governamentais para monitorar a estanqueidade dos materiais radioativos com possíveis contaminações ambientais devido às intempéries passaram figurar como um tema bastante perturbador. O trabalho aqui apresentado tem o propósito de discutir e analisar a temática apresentada acima com seus possíveis desdobramentos. Também discute-se a remoção para desmantelamento destes tipos de pára-raios instalados na cidade de Rio Claro e sua correspondente espacialidade.

**Palavras-Chave:** pára-raios radioativos, contaminação ambiental e distribuição espacial.

## Abstract

**Radioactive lightning rods: management and spatiality in the city of rio claro-sp - risks of environmental contamination**

In the 70's radioactive lightning rods stood as a promising alternative to the conventional lightning rods. By the 80's since both kinds protected roughly the same area, a big drawback emerged: the esteem ionic captor mean life (approx. 30 years) is much less than the radioactive isotope mean life (approx. 430 year), raising environmental concerns. The no existence of regulatory government programs needed to monitor the containment of radioactive material and possible weather induced environmental contamination, becomes a very disturbing issue. The work presented here has the purpose to discuss and analyze the issues above mentioned and possible unfoldings. Also we discuss the dismantlement of radioactive lightning rods in the city of Rio Claro.

**Key-Words:** radioactive lighting-rod, environmental contamination and spatial distribution.

## INTRODUÇÃO

Com o aumento do desmatamento seguido da altura das edificações humanas grandes áreas propensas à queda dos raios tem sido formadas. Os pontos naturais de escoamento das

---

<sup>1</sup> Departamento de Física – IGCE – UNESP – Rua 10 n. 2527 – Santana – Rio Claro – SP. [santarin@rc.unesp.br](mailto:santarin@rc.unesp.br)

<sup>2</sup> Departamento de Ecologia – IB - UNESP – Av. 24A n. 1515 – Bela Vista – Rio Claro – SP.

descargas elétricas atmosféricas anteriormente ocupados pelas árvores de maior porte tem sido substituídos por grandes construções. Uma proteção efetiva contra os raios somente se tornou possível após a descoberta dos fenômenos elétricos no início do século XVIII, assim que a eletricidade atmosférica começou a ser desvendada. Benjamin Franklin, pioneiro no projeto e desenvolvimento de experimentos para demonstrar a natureza elétrica do relâmpago celebrou-se como inventor dos pára-raios por volta de 1752.

Os pára-raios radioativos têm sua história iniciada no alvorecer do século XX. Durante os primeiros estudos relacionados a radioatividade natural proveniente dos compostos de urânio constatou-se o grande poder de ionização que as emanções nucleares deste elemento causava no ar à sua volta tornando-o condutor de eletricidade. Em 1914 Szillard reportou à Academia Francesa de Ciências seus ensaios com um terminal Franklin contendo sais de rádio, elemento químico recém descoberto. Este ensaio descrevia um incremento na corrente elétrica total quando tal dispositivo era imerso em um campo elétrico em detrimento a um terminal convencional nas mesmas condições.

Por volta de 1930 apareceram no mercado as primeiras versões comerciais de captos contendo material radioativo, partindo-se do princípio de que o aumento da ionização que emanaria deste tipo de pára-raios contataria a descarga precursora, implicando em um ponto preferencial de contato da descarga elétrica atmosférica com maior antecedência, fator decisivo para uma maior zona de proteção. A maneira encontrada para este propósito consistiu na incorporação aos pára-raios convencionais, de fontes radioativas emissoras de partículas alfa de grande energia.

A utilização comercial em larga escala dos pára-raios radioativos (como ficaram conhecidos) tornou-se possível com o advento da produção das fontes artificiais de radiações nucleares logo após a Segunda Guerra Mundial. O elemento químico rádio-226 inicialmente utilizado nos primeiros modelos foi substituído pelo amerício-241 por se tornar mais disponível e econômico para a época.

No Brasil somente na década de 70 é que empresas brasileiras iniciaram processos de registros e licenciamento junto à CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear) para importação das fontes radioativas para fabricação e comercialização dos captos iônicos. A partir das quantidades autorizadas para cada fabricante, bem como, dos dados fornecidos pelos próprios foi possível estimar em cerca de 75000 unidades contendo amerício-241 comercializados no país, com atividade unitária da ordem de 1,5 mCi.

Na década de 80 a eficácia destes captos foi formalmente refutada pela comunidade científica desaconselhando se sua utilização para proteção de uma área maior que aquela protegida por um dispositivo convencional.

Além deste fato, outro aspecto de relevante preocupação por parte dos ambientalistas está diretamente relacionado à vida útil do captor iônico estimado no máximo em 30 anos, tempo muito inferior à meia vida do isótopo radioativo afixado ao mesmo, da ordem de 430 anos. Aliado a esta sistemática acrescenta-se a inexistência de um programa governamental de fiscalização para verificação da estanqueidade dos materiais nucleares afixados, com possibilidade de perda das fontes radioativas pela ação das intempéries, acenando-se para um perturbador cenário que possa resultar em alguma contaminação ambiental.

O trabalho aqui apresentado tem a finalidade de levantar e analisar conceitos que se revelam pertinentes ao tema proposto evidenciando seus conseqüentes desdobramentos. Assim sendo, aspectos gerais envolvendo a problemática dos pára-raios radioativos em funcionamento, bem como, a maneira encontrada para desinstalação dos mesmos no município de Rio Claro com seu conseqüente encaminhamento ao IPEN são reportados.

# CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE UM PÁRA-RAIO RADIOATIVO

Pára-raios são dispositivos de proteção contra descargas elétricas atmosféricas constituídos por um captor, um fio metálico condutor de descida e um sistema de aterramento. Os modelos convencionais e internacionalmente aceitos estão baseados no “poder das pontas”, fenômeno físico em que a concentração das linhas de campo elétrico é aumentada pela geometria pontiaguda do condutor. As diferenças básicas entre os pára-raios convencionais e os radioativos estão nas fontes emissoras de radiação nuclear existentes nestes últimos, juntamente com a modificação do desenho do captor em relação aos captosres convencionais visando a acomodação das fontes. As fontes radioativas utilizadas nestes captosres iônicos são confeccionadas a partir do corte de fitas metálicas contendo um briquete laminado de óxido de amerício-241 ( $\text{AmO}_2$ ) possuindo uma camada de cobertura de ouro-paládio e uma base de apoio em aço, com espessura de 0,002mm cada. As fitas possuem largura da parte ativa de 12,5 mm e largura total de 20mm, apresentando atividade linear de  $240 \mu\text{Ci cm}^{-1}$ . Dependendo do fabricante o porta fontes é soldado ou rebitado diretamente no captor. Os materiais correspondentes a parte metálica são constituídos de aço inoxidável, cobre eletrolítico cromado e o ferro fundido, com variações entre os diferentes fabricantes ou até mesmo para os modelos de um mesmo fabricante.

## AMERÍCIO-241 UTILIZADO COMO FONTE RADIOATIVA DOS PÁRA-RAIOS

O amerício-241 empregado como fonte de radiação nuclear nos pára-raios radioativos é um elemento químico artificial de número atômico 95 e massa 241, apresentando-se sob a forma de um metal prateado. Foi produzido e identificado em 1944 no Argonne National Laboratory da Universidade de Chicago como produto das sucessivas capturas eletrônicas por isótopos de plutônio, outro elemento químico artificial. Possui um tempo de meia vida de 432,6 anos, decaindo através de emissão alfa seguida da emissão de raios gama de baixa energia. Na forma metálica o amerício é muito eletropositivo e bastante reativo oxidando-se rapidamente. Apresenta três formas alotrópicas sendo facilmente solúvel em meio ácido, possuindo cinco estados de oxidação em solução aquosa. As partículas alfas emitidas possuem energia mais provável de 5.486 Mev, com alcance máximo de 4 cm no ar. A incidência desta radiação externamente a um tecido biológico tem um alcance muito limitado não excedendo mais que uns poucos milímetros.

Deste fato decorre que as fontes de amerício-241 com atividade da ordem de grandeza empregada nos pára-raios radioativos não oferecem risco à saúde humana para o caso de irradiações externas se considerado uma distância mínima de dois metros entre o agente e a fonte radioativa. Contudo exigem grandes cuidados se forem perdidos os encapsulamentos que contem o material radioativo, podendo os mesmos ficarem disponíveis para contaminação biológica interna acidental. O maior risco consiste na inalação/ingestão das pequenas partículas de pó oriundas da desagregação da fonte. No interior do organismo vivo o amerício-241 constitui-se em fator de alto risco por depositar a maior parte da energia transportada pela radiação às pequenas regiões do tecido em que se encontra, vez que a transferência de energia linear (LET) das partículas alfa é muito alta. Este fato coloca este nuclídeo em uma classificação de radiotoxicidade bastante elevada.

## OS PÁRA-RAIOS RADIOATIVOS EM RIO CLARO

O risco associado à possibilidade de acidentes por difusão do amerício-241 no meio ambiente devido ao elevado número de pára-raios e sua distribuição geográfica no território nacional, motivou a CNEN a estabelecer e divulgar diretrizes e procedimentos específicos de radioproteção para manuseio, acondicionamento e transporte dos dispositivos instalados a locais seguros para desmantelamento.

Com aprovação da norma de Diretrizes Básicas de Radioproteção pela Comissão Nacional de Energia Nuclear em 1989 foi suspensa a concessão de autorização para utilização de material radioativo nos captors dos pára-raios, determinando-se também o recolhimento junto a CNEN do material radioativo remanescente de para-raios outrora desativados. No entanto tal resolução não determinava que fossem desativados os pára-raios já instalados, apenas suspendia a autorização para fabricação, comercialização e instalação de novos equipamentos. Foi através da conscientização e esforço isolado de autoridades estaduais e municipais ou mesmo através de iniciativa própria, que os proprietários de pára-raios radioativos, cientes dos potenciais perigos que representavam passaram a substituí-los por dispositivos convencionais.

Em 96 a Defesa Civil do Município de Rio Claro tomou ciência da problemática envolvendo os pára-raios radioativos instalados na cidade, através de contatos com o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN SP). No ano seguinte foi iniciada uma campanha de recolhimento e substituição destes dispositivos com auxílio da mídia local. Para se evitar que situações similares às ocorridas em Goiânia em 1987 se repetissem, todos os depósitos de ferros velhos do município foram visitados e averiguados e os proprietários orientados no modo de proceder em caso recebessem algum pára-raio radioativo como material de sucata. Em seguida uma campanha de remoção destes tipos de agentes de proteção contra descargas elétricas foi determinada através do decreto municipal da Prefeitura Municipal de Rio Claro sob o número 5773/98 de 23 de março de 1998. Este decreto estipulava que os proprietários de edificações que contivessem pára-raios radioativos instalados deveriam efetuar sua substituição em um prazo máximo de 720 dias a partir daquela data, devendo a retirada do material radioativo e sua desativação obedecer as normas e legislação pertinentes, sob supervisão da COMDEC – Comissão Municipal de Defesa Civil. Os responsáveis pela desativação dos captors iônicos radioativos deveriam providenciar remessa deste material ao órgão governamental competente CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear, representada pelo IPEN no estado de São Paulo.

Empresas particulares devidamente orientadas pela Defesa Civil de Rio Claro como Elektro, INPEL de Piracicaba, juntamente com a Eletricit de Campinas se tornaram responsáveis pela identificação das edificações contendo os referidos pára-raios e sua pronta notificação aos proprietários para substituição. Técnicos eletricitistas destas empresas cuidaram da retirada destes artefatos encaminhando-os à Defesa Civil do município para posterior transferência ao destino final localizado em São Paulo.

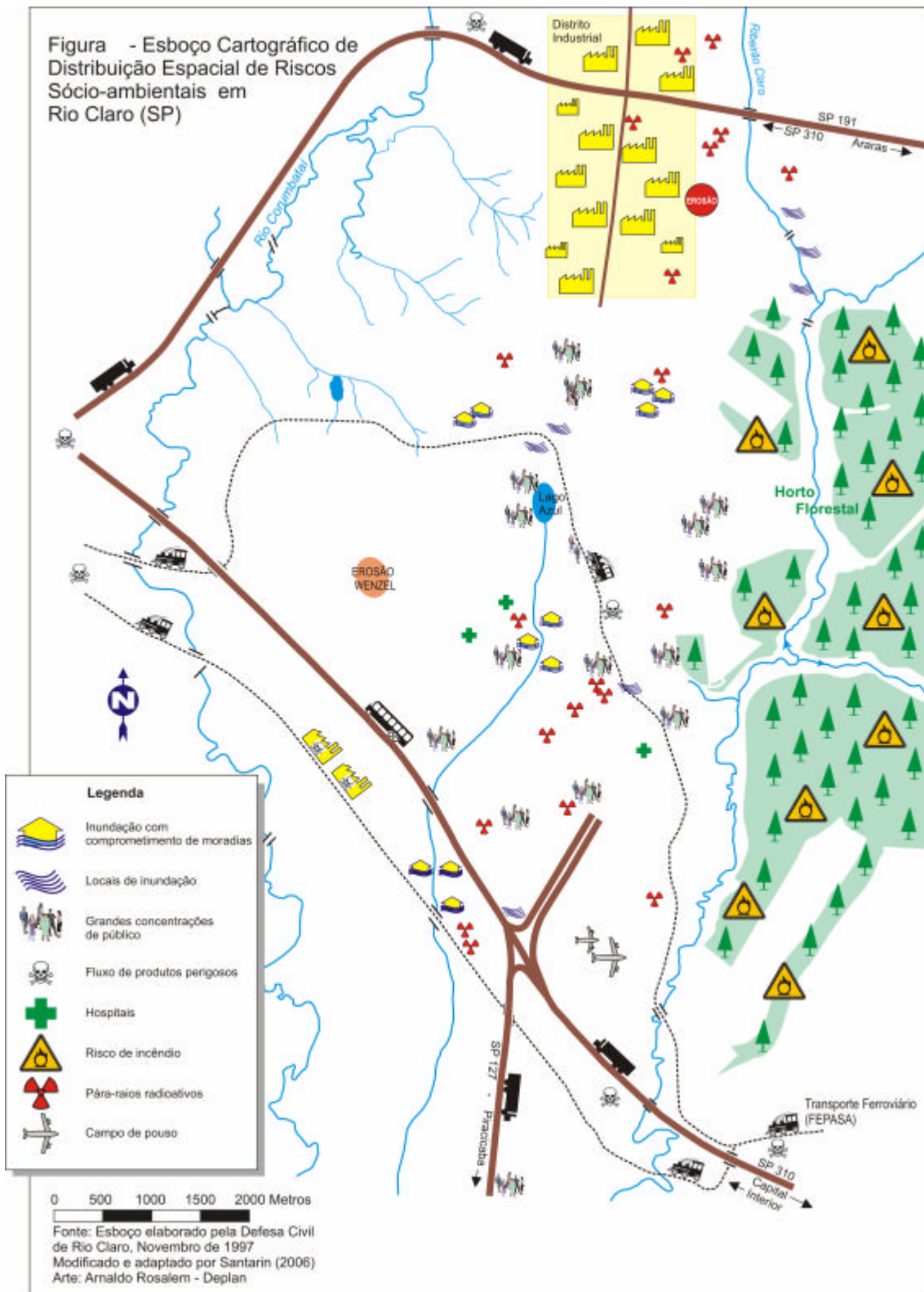
No início do desenvolvimento da campanha de substituição destes dispositivos houve falta de informações à cerca dos procedimentos necessários ao transporte sendo os mesmos encaminhados ao IPEN sem as devidas vias de registro que os acompanham, uma das quais deveria ficar em poder do expedidor.

Somente transcorrido algum tempo e já na fase intermediária desta empreitada, assim que a Defesa Civil acertou os procedimentos metodológicos corretos para encaminhamento do material radioativo ao IPEN (através dos “kits” pára-raios fornecidos pela entidade) é que os dados acerca da localização espacial dos pára-raios radioativos puderam ser convenientemente registrados. Apesar da falta de alguns dos mencionados registros, informações sobre o número total de pára-raios radioativos do Município de Rio Claro

puderam ser contabilizados pelos agentes da Defesa Civil diretamente envolvidos na campanha. Um total de 52 pára-raios radioativos foram recolhidos e endereçados ao IPEN, a maioria dos quais localizados na área central da cidade, principalmente em edifícios e escolas. Empresas localizadas no distrito industrial de Rio Claro também fizeram uso de pára-raios radioativos em seus sistemas de proteção contra as descargas atmosféricas. Com base nos dados obtidos a partir dos registros da fase intermediária desta campanha foi elaborada a tabela 1, ilustrada no texto. Os mesmos locais estão assinalados no mapa de riscos da cidade fig 1, onde se observa a espacialidade destes captadores iônicos no município num total de 23 unidades. Não foi possível localizar informações acerca da atividade dos mesmos quando de sua retirada, além da atividade padrão unitária fornecida na ficha de declaração do órgão expedidor ( $18,5 \times 10^7$  Bq.) A maioria dos pára-raios desativados pertencia às marcas GAMATEC e AMERION.

**Tabela 1 – Localização dos pára-raios radioativos removidos no município de Rio Claro SP**

<b>Órgão Expedidor</b>	<b>Localidade</b>	<b>total</b>
Caixa Econômica Federal	Rua 3 n° 1120 - Centro	1
Chemetall do Brasil Ltda.	Avenida Brasil n° 4633 - Distrito Industrial	1
Condomínio Edifício Haik	Rua 6 n° 1140	1
DAAE – Reservatório ETA II e Ajapi	Estrada M. Matão s/ n° - Ajapi	2
Departamento de Obras Públicas de Rio Claro	Rua 3 n° 945 - Centro	1
EE.Cel. Joaquim Sales	Rua 7 n° 793 - Centro	1
EE.Professor Délcio Baccaro	Rua 1 n° 303 - Jardim Inocoop	2
EE. Professor José Cardoso	Rua 9 n° 2383 - Arco Íris	1
EE. Professor José Fernandes	Avenida 3 n° 735 - Distrito de Ajapi	1
EE. Professor Marciano de Toledo Piza	Avenida Navarro de Andrade n° 139 - Cidade Nova	1
Fazenda Colorado	Estrada de Araras – Rio Claro	1
Gates do Brasil	Avenida Brasil n° 5133	1
Mercado Municipal	Avenida 6 n° 827 - Centro	1
Prefeitura Municipal de Rio Claro	Rua 3 n° 945 - Centro	1
Sedeplama	Rua 3 n° 945 - Centro	1
Telecomunicações de São Paulo S/A Telesp	Avenida 2 n° 284 - Centro	1
Uniroyal Química	Avenida Brasil n° 5333 Distrito Industrial	1
Universidade Estadual Paulista ‘Julio de Mesquita Filho’ - Instituto de Geociências e Ciências Exatas	Rua 10 n° 2527 - Santana	1
Alfa Química	Avenida Brasil, Distrito (Desativada)	1
Grupo Ginástico Rioclarense	Rua 2 n° 941 - Centro	1
Industrial Bebidas Sabará Ltda.	Rua 2 n° 3149 - Centro	1
<b>TOTAL</b>		<b>23</b>



**Figura 1 - Mapa de riscos da cidade de Rio Claro elaborado pela Defesa Civil do município na fase intermediária da campanha de remoção dos pára-raios radioativos instalados. (dados fornecidos pela tabela 1)**

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil o uso da energia nuclear para fins pacíficos tem aumentado nas últimas décadas, mas tal crescimento nem sempre tem sido acompanhado por um sistema eficaz de fiscalização e monitoramento. Algumas vezes informações acerca da espacialidade e mesmo de fontes radioativas foram negligentemente perdidas. Tal foi o que aconteceu aos pára-raios radioativos instalados no território brasileiro. Observou-se que um grande número de pára-raios fabricados eram repassados para as firmas revendedoras, ficando perdidas informações sobre os locais onde os mesmos eram instalados. Tentativas de resgatar tais informações foram frustradas por absoluta falta de registro tanto de fabricantes como de revendedores. Esta perda de dados aliada ao desconhecimento generalizado do público com respeito à radioatividade pode conduzir à exposições radiológicas danosas para saúde humana ou até mesmo à contaminação ambiental, como foi o caso do acidente radiológico de Goiânia em 1987. Naquela cidade, uma fonte de Césio 137 oriunda de um aparelho utilizado em radioterapia abandonado nos escombros de uma clínica médica foi violado por funcionários de um ferro velho. As conseqüências da negligência das autoridades responsáveis pelo abandono da referida fonte foram de tamanha gravidade que a brutal contaminação ambiental que se seguiu decorrente daquela ação colocou Goiânia como local do segundo maior acidente radiológico mundial.

A contaminação ambiental por adição de isótopos radioativos (por exemplo amerício-241 contido nos mencionados pára-raios) aos ecossistemas, deve expressar-se através de um incremento nos níveis de radioatividade locais. Este acréscimo aliado às propriedades tóxicas de tais elementos pode provocar efeitos ainda pouco conhecidos em tais ecossistemas. Isto se deve ao fato de que certos elementos tem a capacidade de se acumular ao longo da cadeia trófica, podendo desta forma atingir o ser humano em altíssimas concentrações.

É fato que ainda restam inúmeros pára-raios radioativos instalados no território nacional, cuja distribuição geográfica e estado de conservação são desconhecidos. A capacidade de gestão dos mesmos somente pelos órgãos competentes, ainda que eficientes, pode ser considerada como relativamente pequena. Estima-se que seriam necessários cerca de duas décadas para que tais dispositivos, se devidamente localizados e encaminhados fossem geridos, permanecendo durante todo este tempo expostos à ação negativa dos elementos climáticos e desconhecimento do público.

Neste contexto a participação de entidades civis em parceria com o poder público na gestão dos pára-raios radioativos sugere que iniciativas desta natureza são necessárias e bastante apreciáveis. Rio Claro a exemplo de alguns poucos municípios brasileiros que também tomaram esta iniciativa, demonstrou a validade deste empreendimento praticamente resolvendo a questão relacionada a desinstalação destes indesejáveis dispositivos em seus limites territoriais. A validade desta experiência que envolveu a prefeitura Municipal, Defesa Civil, UNESP, mídia local e empresas particulares na remoção dos captors iônicos com o conseqüente encaminhamento ao IPEN pode se tornar fator motivador para que procedimentos análogos possam ser conduzidos a outras localidades brasileiras que certamente desejam resolver delicada questão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MATOS, C.R.A, SANTARINE G.A **Os pára-raios radioativos e sua gestão no Município de Rio Claro, SP.** Monografia Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao Instituto de

Biociências UNESP RC para obtenção do grau de Bacharel em Ecologia- 1-97páginas novembro de 2001.

MATOS, C.R.A, SANTARINE G.A **Introdução Á Radioecologia**. Monografia, 108 páginas Graduação em Ecologia IB, dezembro 2000.

AMERION IND. E COM. DE PÁRA-RAIOS LTDA. **Qualificações técnicas de captorees radioativos**. São Paulo. 1978.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Procedimentos. Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas**: 5419: 1993. Rio de Janeiro, 1993.

CARBONEAU, M.L. et al. **National low level waste management program**. [S.I.]. US Department of Energy, 1995 (Radionuclides Report Series, vol. 12, Am-241). DOE/LLW-128.

ELAT – GRUPO DE ELETRICIDADE ATMOSFÉRICA. Disponível em <http://www.lightning.dge.inpe.br/Portugues/Portugues.htm>. Acesso em 05 out. 2001.

FERRARO, N.G. **Eletricidade: história e aplicações**. 5ª ed. São Paulo: Editora Moderna, 1991. (Coleção Desafios).

HEILBRON FILHO, P.F.L; XAVIER, A.M. **Pára-raios radioativos: proteção ou perigo?** *In*: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA NUCLEAR. IV Congresso Geral de Energia Nuclear, **Trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro: 1992, p. 493-8.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Advisory Material for the IAEA Regulations Material**. Vienna, IAEA, 1987. (Safety Series nº 37).

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. **The metabolism of plutonium and related elements**. London: Pergamom Press. 1986. (ICRP Publication 48).

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. **Individual monitoring for intakes of radionuclides by workers**. – design and interpretation. London: Pergamom Press. 1986. (ICRP Publication 54).

LAWRENCE, C.W. **Cellular Radiobiology**. London. Beccles e Colchester: William Clowes & Sons, 1971.

MIRANDA, L.E.T.; VICENTE, R. **Processo para a Gestão dos Pára-Raios Radioativos no Brasil**. Diretoria de Segurança Nuclear – Departamento de Rejeitos Radioativos. São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. 1999.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE RIO CLARO. Decreto no. 5773 que dispõe sobre a substituição e retirada de pára-raios radioativos e dá outras providências. Rio Claro, 23/03/1998.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. Decreto no. 33132 que dispõe a substituição e retirada de pára-raios radioativos e dá outras providências. São Paulo, 23/04/1993.



SEILER, H.G., SIGEL, H. , SIGEL, A. **Handbook of Toxicity of Inorganic Compounds.** New York: Marcel Dekker. 1988. pp. 715-31.

SULLIVAN, M. F., **Actinides in Man and Animals**, Salt Lake City, Utah: R.D. Press. 1981, pp. 311-323.

WTERSTONE, M. et al. **Risk and society:** the interation of science, technology and public policy. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1992.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores desejam expressar sinceros agradecimentos ao prof. Dr. Adler Guilherme Viadana do Depto de Geografia da UNESP Campus Rio Claro pelas valiosas sugestões e revisão do texto. À toda equipe da Defesa Civil do município de Rio Claro responsável diretamente pela gestão dos pára-raios radioativos , bem como, a equipe do Laboratório de radioisótopos do CENA Piracicaba. SP