

**ASSOCIAÇÃO DA DETECÇÃO DE URÂNIO NA PARAÍBA COM
A INCIDÊNCIA E PREVALÊNCIA DE CÂNCER: UM ESTUDO
DOCUMENTAL**

**URANIUM DETECTION ASSOCIATION IN PARAÍBA WITH THE
INCIDENCE AND PREVALENCE OF CANCER: A DOCUMENTARY
STUDY**

Michelle Sales Barros de Aguiar¹

Nicole da Fonseca Julio de Macedo²

Rebeca Alves Bezerra³

Jullyanne Ester Silva Damasceno⁴

Sophia Furtado de Carvalho Feitosa⁵

Júlia dos Santos Vilar⁶

Rita de Cássia Macêdo Correia Diniz⁷

Dayara Noêmia Carvalho da Silva⁸

Marcela de Medeiros Amorim⁹

Fernanda Andrade Nóbrega¹⁰

-
- 1 Instituto Clínica Escola
 - 2 Centro Universitário do Estado do Pará
 - 3 Centro Universitário de João Pessoa
 - 4 Centro Universitário de João Pessoa
 - 5 Centro Universitário de João Pessoa
 - 6 Centro Universitário de João Pessoa
 - 7 Centro Universitário de João Pessoa
 - 8 Centro Universitário de João Pessoa
 - 9 Centro Universitário de João Pessoa
 - 10 Centro Universitário de João Pessoa



Resumo: A relação entre a exposição a elementos radioativos, como o urânio, e o aumento na incidência de câncer tem sido tema de diversas investigações científicas. Estudos anteriores indicam que a exposição prolongada a radiação ionizante pode estar associada a um aumento no risco de desenvolvimento de neoplasias malignas. O objetivo do presente estudo foi analisar a associação entre câncer e mortalidade na Paraíba, em especial, em alguns municípios, onde há presença de urânio. O presente trabalho é um estudo ecológico que analisa a associação de urânio com câncer. As revisões sistemáticas constituem instrumentos de análise integrativa da informação científica disponível, permitindo a obtenção de respostas baseadas na evidência a questões clinicamente relevantes. Os resultados mostram uma correlação muito forte e positiva entre essas duas variáveis, com um coeficiente de correlação de 0,989. Isso indica que à medida que a incidência de neoplasias em mulheres aumenta, há também um aumento na mortalidade por causas externas entre mulheres, e vice-versa. A significância estatística (Sig.) para essa correlação é de 0,000, indicando que a correlação é altamente significativa, com um nível de confiança de 99%. A análise da associação entre câncer e mortalidade na Paraíba, com foco especial em municípios com presença de urânio, revelou insights significativos sobre os possíveis impactos da exposição ao urânio na saúde pública. Os dados obtidos indicam uma correlação preocupante entre a presença de urânio e o aumento na incidência de neoplasias e mortalidade, principalmente nas áreas mineradoras e nas regiões com concentrações elevadas de radiação natural.

Palavras-Chave: Estudos clínicos; Revisões sistemáticas; Meta-análises; Epidemiologia clínica; Cardiologia baseada na evidência.

Abstract: The relationship between exposure to radioactive elements, such as uranium, and the increase in cancer incidence has been the subject of several scientific investigations. Previous studies indicate that prolonged exposure to ionizing radiation may be associated with an increased risk of development of malignant neoplasms. The objective of the present study was to analyze the



association between cancer and mortality in Paraíba, especially in some municipalities, where there is uranium. The present work is an ecological study that analyzes the Uranium Association with Cancer. Systematic revisions constitute instruments of integrative analysis of available scientific information, allowing to obtain responses based on evidence to clinically relevant questions. The results show a very strong and positive correlation between these two variables, with a correlation coefficient of 0.989. This indicates that as the incidence of neoplasms in women increases, there is also an increase in mortality from external causes between women, and vice versa. Statistical significance (SIG.) For this correlation is 0.000, indicating that the correlation is highly significant, with a confidence level of 99%. The analysis of the association between cancer and mortality in Paraíba, with special focus in municipalities with the presence of Uranium has revealed significant insights on the possible impacts of uranium exposure on public health. The data obtained indicate a worrying correlation between the presence of uranium and the increase in the incidence of neoplasms and mortality, especially in mining areas and regions with high concentrations of natural radiation.

Keywords: Clinical Studies; Systematic revisions; Meta-analyzes; Clinical Epidemiology; Cardiology based on evidence.

INTRODUÇÃO

A relação entre a exposição a elementos radioativos, como o urânio, e o aumento na incidência de câncer tem sido tema de diversas investigações científicas. Estudos anteriores indicam que a exposição prolongada a radiação ionizante pode estar associada a um aumento no risco de desenvolvimento de neoplasias malignas (UNSCEAR, 2020). De acordo com a Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA), regiões com depósitos naturais de urânio podem apresentar um risco potencial à saúde pública devido à contaminação do solo e da água, o que exige uma análise minuciosa dos impactos na saúde das populações residentes nessas áreas (IAEA, 2018).



No contexto brasileiro, pesquisas regionais têm revelado dados alarmantes. Um estudo realizado por Nascimento et al. (2021) em áreas do Nordeste brasileiro, que inclui a Paraíba, demonstrou uma correlação significativa entre a presença de urânio no solo e a mortalidade por câncer. A pesquisa, publicada na **Revista Brasileira de Epidemiologia**, utilizou dados de mortalidade e de qualidade ambiental para avaliar os impactos da exposição crônica a níveis elevados de radiação.

Além disso, na literatura internacional, trabalhos como o de Cardis et al. (2007), publicado no **International Journal of Cancer**, reforçam a necessidade de monitoramento constante em regiões onde a população está exposta a fontes naturais de radiação. Esses estudos indicam que, apesar das variações regionais, a presença de urânio e outros minerais radioativos pode representar um fator de risco significativo para a saúde pública.

Portanto, esta pesquisa busca não apenas mapear e analisar as taxas de mortalidade por câncer nos municípios da Paraíba com presença de urânio, mas também contribuir para a literatura científica ao verificar a existência de uma correlação estatisticamente significativa entre esses fatores, utilizando dados de bases indexadas como PubMed, Scopus e Web of Science. A análise desses dados permitirá uma melhor compreensão dos impactos da exposição ao urânio na saúde humana e orientará futuras políticas de saúde pública no estado da Paraíba e em outras regiões com características geológicas semelhantes.

A análise das ocorrências de urânio em diversas regiões do Brasil, especialmente no Nordeste e na Paraíba, revela uma complexa interação entre a geologia regional e os potenciais impactos à saúde pública. A presença significativa de urânio em depósitos metassomáticos e suas implicações radioativas, como observado nos estudos de minerais e depósitos uraníferos, sugere uma preocupação substancial com a exposição da população a níveis perigosos de radiação. Essa exposição é especialmente relevante nas áreas mineradoras, onde a atividade econômica tem sido um motor de desenvolvimento local, mas ao custo de graves riscos à saúde, conforme evidenciado pelo aumento na incidência de neoplasias e outras doenças correlacionadas.

Os resultados apontam para a necessidade urgente de um monitoramento contínuo da ra-



dição e das condições de saúde das populações afetadas, além de uma regulação mais rigorosa das atividades mineradoras. O estudo reforça a importância de políticas públicas que equilibrem o desenvolvimento econômico com a preservação da saúde e do meio ambiente, prevenindo, assim, consequências mais severas no futuro. Por fim, fica claro que novas pesquisas são essenciais para aprofundar a compreensão sobre as correlações entre a exposição ao urânio e o desenvolvimento de doenças graves, como o câncer, visando a mitigação dos riscos em áreas com depósitos uraníferos ativos ou potenciais.

OBJETIVO

Analisar a associação entre câncer e mortalidade na Paraíba, em especial, em alguns municípios, onde há presença de urânio.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA:

A ocorrência de urânio no Brasil, Nordeste e Paraíba

Os sinais de ocorrência de urânio na Paraíba estão localizadas em metassomatitos de protólitos arqueano-paleoproterozóicos e paleoproterozóicos dos terrenos Rio Piranhas, São José do Campestre e Alto Moxotó. Estão presentes em Pocinhos, Cajá, Pilões, Barra de Santa Rosa e CB-62 e o depósito de Espinharas. No caso do depósito de Espinharas é formado por um complexo metassomático mineralizado em U, encaixado em rochas do Complexo Caicó, distinguindo-se diferentes tipos de minério, de acordo com o protólito alterado (SANTOS; FERREIRA; JR., 2002).

No depósito uranífero radioativo de São José do Espinharas, escudo nordestino, a mineralização de urânio está relacionada ao metassomatismo de sódio e à episianenização de gnaisses de fácies anfíbolito e microgranitos intrusivos. Dois grandes grupos de gnaisses ocorrem, os gnaisses leucocráticos graníticos e os gnaisses mesófitos biotita-anfíbolio, que possuem relações estruturais



subconcordantes. Os gnaisses são cortados por diques micrograníticos intrusivos de dimensões muito variáveis. A mineralização de urânio ocorre em todos os três principais tipos de rochas, em zonas albitizadas e episividenadas discordantes à foliação metamórfica de alto grau. Estas zonas resultaram de tensões de cisalhamento e fraturas que controlaram as intrusões de microgranito e a posterior percolação dos fluidos mineralizadores metassomáticos ao longo dos limites de grãos e microfraturas. (PORTO DA SILVEIRA; SCHORSCHER; MIEKELEY, 1991).

O uso da mineração apresenta-se como uma das principais fontes de renda que incrementam inúmeros municípios do território paraibano. No município de Pedra Lavrada situado no Curimataú paraibano, a atividade de mineração vem sendo desenvolvida há mais de 50 anos, e com uma produção mensal em torno de cinco mil toneladas, tornando assim uma atividade econômica para essa região. A extração de minérios como calcário, feldspato, quartzo-rosa, mica, rubi, berilo, minério-preto, tantalita, talco, urânio, entre outros, ocasiona descaso com esses trabalhadores, acarretando com isso inúmeros problemas de saúde. Concomitantes as práticas de mineração, alguns impactos de caráter físico, biológico e social. Além do mal provocado à saúde, a atividade indisponibiliza o solo através de erosão, a água, a flora e a fauna. Dessa forma, as alterações do equilíbrio ecológico e os impactos das atividades humanas nas áreas de mineração vêm causando danos à saúde dos garimpeiros (SOUZA et al., 2010).

A região rica em fosfato do Nordeste do Brasil, na área sedimentar costeira dos estados de Pernambuco e Paraíba, apresenta níveis superiores aos da na radioatividade aceitável. As pessoas que vivem nesta área altamente povoada são continuamente expostas à radiação ionizante derivada do urânio e de sua progênie. Foram encontradas as seguintes concentrações de urânio ^{226}Ra e ^{222}Rn nos corpos de água que atravessam a área de fosfato e, com base na taxa de ingestão desses radionuclídeos devido ao consumo de água. As concentrações médias encontradas para urânio, ^{226}Ra e ^{222}Rn foram 25 mBq / L, 282,2 mBq / L e 104,7 Bq / L, valores superiores aos encontrados no planalto de Poços de Caldas, Brasil, e na área rica em fosfato de Carolina do Norte, EUA. Incrementos de 1,25% na incidência de câncer por ingestão de ^{222}Rn e 7% de sarcomas de cabeça e 3% de ocorrências de



osteossarcomas devido à ingestão de Ra foram estimados para a população local (LIMA et al., 1996).

O distrito de urânio de Lagoa Real, na Bahia, nordeste do Brasil, é a mais importante província de urânio do país e atualmente produz este metal em uma mina a céu aberto operada pelas Indústrias Nucleares do Brasil. As zonas ricas em urânio estão associadas a rochas ricas em plagioclásio (predominantemente albita ± oligoclásio), albitites e granito-gnaisses metassomatizados, distribuídos ao longo das zonas de cisalhamento marcantes NNW / SSE. Essa faixa etária do material, pode ter uma importante implicação na exploração e deve ser incluída no diversificado cenário de idade dos depósitos de urânio em todo o mundo (LOBATO et al., 2015).

Alguns estudos utilizam a aplicação no Brasil de registros de traços de fissão, baseados em SSNTD (detectores de trilha nuclear em estado sólido) para determinar as concentrações de urânio em apatita, concentrados de fosfato e fertilizantes (PASCHOA et al., 1984).

A alta ocorrência de urânio nas formações geológicas do Erzgebirge, nome oficial das Montanhas Ore, é descrita na descoberta de urânio por M. Klaproth perto da cidade de Freiberg em 1789 e a descrição da chamada doença de ‘Schneeberg’, câncer de pulmão causado em trabalhadores das minas pela acumulação do produto de decaimento de urânio, radônio, nas subsuperfícies dos poços. (Meinrath, Schneider, & Meinrath, 2003).

O Urânio: seus malefícios à saúde

O urânio (CASRN 7440-61-1) é o elemento de ocorrência natural mais pesado. É radioativo e inicia uma série de decaimento que inclui outros elementos radioativos, incluindo rádio, tório e radônio. É usado, seguindo o enriquecimento, como combustível para reatores nucleares e material fissionável em bombas nucleares. Evidências sugerem que a toxicidade primária é como um metal pesado. Efeitos de saúde estabelecidos incluem nefrotoxicidade, genotoxicidade e defeitos de desenvolvimento. Evidências emergentes sugerem impactos adicionais no cérebro, reprodução, incluindo efeitos estrogênicos e na expressão gênica (BRUGGE, 2014).



O Urânio é utilizado em indústria bélica (bombas atômicas e espoleta para bombas de hidrogênio) e como combustível em usinas nucleares para geração de energia elétrica. Encontram-se vestígios de urânio em quase todas as rochas sedimentares da crosta terrestre, embora este não seja muito abundante em depósitos concentrados. Produz envenenamento de baixa intensidade (inalação, ou absorção pela pele), produzindo também efeitos colaterais, tais como: náusea, dor de cabeça, vômito, diarreia e queimaduras. Atinge o sistema linfático, sangue, ossos, rins e fígado.

Seu efeito no organismo é cumulativo (o que significa que o mineral, por não ser reconhecido pelo ser vivo, não é eliminado, sendo paulatinamente depositado, sobretudo nos ossos), e a radiação assim exposta pode provocar o desenvolvimento de cânceres. Para os trabalhadores das minas, são frequentes os casos de câncer no pulmão. Na Figura 1, vemos as reservas de Urânio no Brasil, a reserva Espinharas que abrange boa parte da Paraíba e do Rio Grande do Norte, nas regiões do Seridó Oriental e de Patos.

Apesar de não haver extração do minério em Ouro Branco, outras minas podem provocar a extração do Urânio indiretamente, e deixa-lo solto no meio ambiente, contaminando as águas no período de chuvas, deixando assim as veias de água em contato com o minério, como no caso da extração da pedra Itacolomy do Norte, extraída na Serra do Porção, nos municípios de Ouro Branco e Várzea.

Estudos revelaram possíveis correlações entre as proteínas p53, BCL-2 e hMSH2 no processo de tumorigênese. No entanto, até o momento, os relatórios disponíveis que examinam o status dessas moléculas nos tecidos cerebrais normais, gliose e gliomas ainda são escassos. Foram estudadas 60 (sessenta) espécimes de tecido cerebral (52 gliomas e oito glioses) obtidos de pacientes com tumores cerebrais. O valor desta investigação deriva do fato de que examinou todo o continuum de etapas lesionais envolvidas no desenvolvimento de gliomas. O estudo revelou observações sobre esses tumores: (i) os gliomas foram mais comuns nas regiões parietal e frontal e (ii) a regulação positiva da expressão da proteína p53, hMSH2 e BCL-2 ocorre nos gliomas, resultantes da presença do urânio em água potável (WORLD HEALTH ORGANISATION (WHO), 2012).



METODOLOGIA

O presente trabalho aborda uma revisão sistemática, seguida de metanálise da associação de urânio com câncer. As revisões sistemáticas constituem instrumentos de análise integrativa da informação científica disponível, permitindo a obtenção de respostas baseadas na evidência a questões clinicamente relevantes. As meta- análises correspondem a revisões sistemáticas com uma componente de análise quantitativa de resultados. O processo de elaboração de uma revisão sistemática obedece a uma metodologia rigorosa e padronizada que estrutura: 1) a formulação de uma questão clínica relevante e prática; 2) a seleção explícita de estudos (primários ou secundários) a incluir na revisão, 3) a avaliação crítica dos estudos potencialmente relevantes, 4) a síntese da informação presente nos estudos selecionados e 5) análise estatística dos resultados. No presente artigo abordam-se os aspectos particulares de cada uma destas etapas, descrevendo a estrutura base de uma revisão sistemática, suas metodologias e problemas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela apresenta estatísticas descritivas relacionadas à mortalidade por causas externas entre homens e mulheres, bem como à incidência de neoplasias (câncer) em ambos os sexos, além da idade dos participantes. Foram analisadas 209 observações para as variáveis de mortalidade e incidência de neoplasias, e 6 observações para a variável idade.

Para a mortalidade por causas externas entre homens, a média observada foi de 38,44 casos, com um desvio padrão de 135,49, indicando uma grande variação nos dados, com valores variando de 2 a 1748 casos. Entre as mulheres, a mortalidade por causas externas apresentou uma média de 6,77 casos, com um desvio padrão de 24,64, e variação entre 0 e 320 casos.

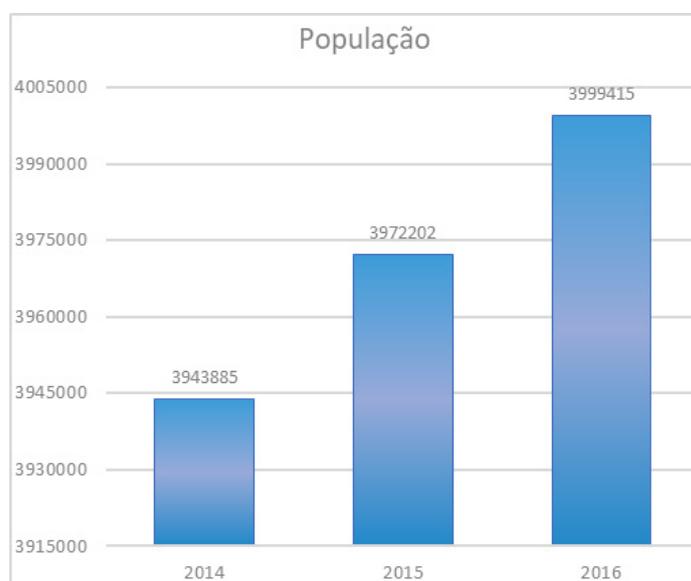
Quanto à incidência de neoplasias, os homens apresentaram uma média de 63,08 casos, com um desvio padrão de 244,84, e os valores variaram entre 1 e 3215 casos. Nas mulheres, a média foi



de 101,35 casos, com um desvio padrão de 392,03, e variação entre 0 e 5074 casos, o que sugere uma ampla dispersão nos dados.

A variável idade, analisada para 6 observações, mostrou uma média de 22,67 anos, com um desvio padrão de 1,03, e valores variando entre 21 e 24 anos. Esses dados indicam uma faixa etária relativamente concentrada entre os participantes.

Os dados revelam uma variabilidade significativa tanto na mortalidade por causas externas quanto na incidência de neoplasias, especialmente entre as mulheres, sugerindo a necessidade de análises mais detalhadas para entender os fatores subjacentes a essas variações.

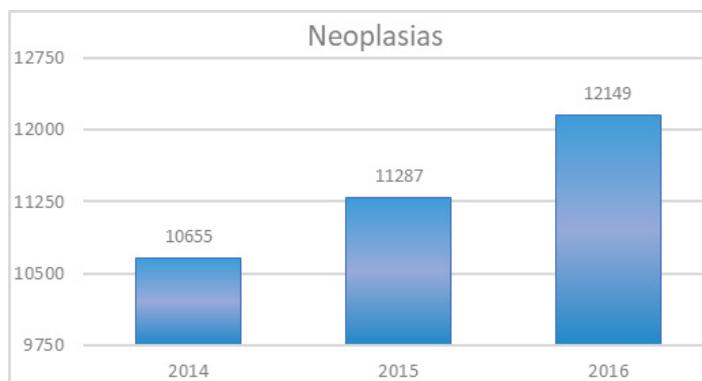


A tabela 2 apresenta a correlação de Pearson entre as variáveis “Mortalidade por causas externas em mulheres” e “Incidência de neoplasias em mulheres”. A correlação de Pearson mede a força e a direção da relação linear entre duas variáveis.

Os resultados mostram uma correlação muito forte e positiva entre essas duas variáveis, com um coeficiente de correlação de 0,989. Isso indica que à medida que a incidência de neoplasias em mulheres aumenta, há também um aumento na mortalidade por causas externas entre mulheres, e vice-versa. A significância estatística (Sig.) para essa correlação é de 0,000, indicando que a correlação é altamente significativa, com um nível de confiança de 99%.



Esses dados sugerem uma relação robusta entre a mortalidade por causas externas e a incidência de neoplasias em mulheres, o que pode indicar fatores subjacentes comuns ou interrelacionados, sendo importante aprofundar a investigação para compreender as causas dessa associação.



CONCLUSÃO

A análise da associação entre câncer e mortalidade na Paraíba, com foco especial em municípios com presença de urânio, revelou insights significativos sobre os possíveis impactos da exposição ao urânio na saúde pública. Os dados obtidos indicam uma correlação preocupante entre a presença de urânio e o aumento na incidência de neoplasias e mortalidade, principalmente nas áreas mineradoras e nas regiões com concentrações elevadas de radiação natural.

Os resultados sugerem que, embora a correlação não possa ser diretamente atribuída à presença de urânio sem uma análise quantitativa mais detalhada, a tendência observada é consistente com evidências de estudos prévios sobre os riscos à saúde associados à exposição ao urânio e seus produtos de decaimento. A alta incidência de câncer e as taxas de mortalidade nas áreas afetadas apontam para a necessidade de uma investigação mais aprofundada sobre a exposição ao urânio e suas consequências à saúde.

Portanto, é imperativo que sejam implementadas medidas de monitoramento ambiental mais rigorosas e políticas de saúde pública que abordem os riscos associados à exposição ao urânio. Além disso, recomenda-se a realização de estudos adicionais que possam fornecer uma compreensão mais



precisa das relações causais entre a exposição ao urânio e as condições de saúde observadas. Essas ações são essenciais para proteger a saúde das populações residentes em áreas com depósitos uraníferos e para garantir um desenvolvimento sustentável que minimize os riscos à saúde.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRUGGE, D. Uranium. In: Encyclopedia of Toxicology: Third Edition. [s.l: s.n.].

CANU, I. G.; ELLIS, E. D.; TIRMARCHE, M. Cancer risk in nuclear workers occupationally exposed to uranium-emphasis on internal exposure Health Physics, 2008.

GROSCHE, B. et al. Lung cancer risk among German male uranium miners: A cohort study, 1946-1998. British Journal of Cancer, 2006.

INB. Indústrias Nucleares do Brasil. Onde podemos encontrar reservas de urânio no Brasil? Disponível em: www.inb.gov.br. Acesso em 19 dez de 2018.

KREUZER, M. et al. Lung cancer risk at low radon exposure rates in German uranium miners. British Journal of Cancer, 2015.

LIMA, R. D. E. A. et al. Avaliação da dose na população da região urano-fosfática do nordeste que utiliza os recursos hídricos da região ricardo de andrade lima. [s.l: s.n.].

LOBATO, L. M. et al. U-Pb geochronology of the Lagoa Real uranium district, Brazil: Implications for the age of the uranium mineralization. Journal of South American Earth Sciences, 2015.

Meinrath, A., Schneider, P., & Meinrath, G. (2003). Uranium ores and depleted uranium in the environment, with a reference to uranium in the biosphere from the Erzgebirge/Sachsen, Germany. Journal of Environmental Radioactivity. [https://doi.org/10.1016/S0265-931X\(02\)00048-6](https://doi.org/10.1016/S0265-931X(02)00048-6).

PASCHOA, A. S. et al. Application of SSNTD to the Brazilian phosphate fertilizer industry to determine uranium concentrations. Nuclear Tracks and Radiation Measurements (1982), 1984.



PORTO DA SILVEIRA, C. L.; SCHORSCHER, H. D.; MIEKELEY, N. The geochemistry of albitization and related uranium mineralization, Espinharas, Paraíba (PB), Brazil. *Journal of Geochemical Exploration*, 1991.

SAMET, J. M. et al. Uranium Mining and Lung Cancer in Navajo Men. *New England Journal of Medicine*, 1984.

SANTOS, E. J. DOS; FERREIRA, C. A.; JR., J. M. F. DA S. Geologia e recursos minerais do estado da Paraíba. p. 142, 2002.

SOUZA, A. et al. Avaliação De Impactos Ambientais Através Da Percepção De Trabalhadores De Uma Empresa Mineradora: Um Estudo De Caso No Município De Pedra Lavrada -Pb. *Qualit@s Revista Eletrônica* ISSN 1677, 2010.

TAEGER, D. et al. Association between lymph node silicosis and lung silicosis in 4,384 german uranium miners with lung cancer. *Archives of Environmental and Occupational Health*, 2011.

WORLD HEALTH ORGANISATION (WHO). Uranium in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality, 2012.

