



## DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE “AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA”: ETAPA 1

RODRIGO MENDES LIMA<sup>1</sup>; TAILON ANDRÉ PODEWILS<sup>2</sup>; TIRZAH MOREIRA SIQUEIRA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas – gido46rl@gmail.com*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Pelotas – tailon.andre.podewils@gmail.com*

<sup>3</sup>*Universidade Federal de Pelotas – tirzahsiqueira@hotmail.com*

### 1. INTRODUÇÃO

O projeto de pesquisa Estudos Aplicados em Ciências Ambientais está desenvolvendo um software para realizar a Avaliação de Risco à Saúde Humana. Segundo o Conselho Nacional de Pesquisas dos Estados Unidos (NRC, 2007), a Avaliação de Risco à Saúde Humana é definida como a caracterização qualitativa ou quantitativa dos potenciais efeitos adversos à saúde humana de determinadas substâncias sobre indivíduos ou populações que podem estar sobre a fonte de contaminação ou fora dela. Utiliza-se de modelos matemáticos para quantificar os riscos gerados.

Este software foi planejado para ser desenvolvido em três etapas, sendo que a primeira refere-se à consideração dos potenciais receptores sobre a fonte de contaminação. O objetivo desse trabalho é mostrar o desenvolvimento desta primeira etapa, realizada entre as datas 01 de agosto de 2020 a 31 de julho de 2021. O software está sendo desenvolvido com o intuito de oferecer apoio à disciplina de Graduação de Introdução à Avaliação de Risco à Saúde Humana, no curso de Engenharia Ambiental e Sanitária. Além de ser um software livre.

A primeira etapa do projeto teve como objetivo produzir o layout para o programa “Avaliação de Risco à Saúde Humana”, criar um banco de dados com as informações necessárias para realização dos cálculos. Estas estruturas são fundamentais para projetar as futuras etapas do projeto, que consistem no aprimoramento do programa.

### 2. METODOLOGIA

#### 2.1 Parte teórica

Para a familiarização do conteúdo de Avaliação de Risco à Saúde Humana, os bolsistas assistiram às aulas de Introdução à Avaliação de Risco à Saúde Humana, a fim de promover o conhecimento na área.

#### 2.1 Linguagem de programação utilizada

Para o desenvolvimento do software, foi usada a linguagem de programação Python. Segundo Menezes (2010), esta linguagem “é muito interessante como primeira linguagem de programação devido à sua simplicidade e clareza. Embora simples, é também uma linguagem poderosa, podendo ser usada para administrar sistemas e desenvolver grandes projetos”.

Para programar os códigos do programa, foi utilizado o software PyCharm Community Edition, sendo ele um ambiente de desenvolvimento integrado, que facilita no processo de programação.



## 2.2 Processo de desenvolvimento

Foi criado um banco de dados com informações necessárias para os cálculos. Neste banco de dados foi desenvolvida uma tabela para os contaminantes, onde foram inseridas informações de 848 contaminantes, contendo dados físico-químicos e toxicológicos. Foi gerada também uma tabela de parâmetros de exposição dos receptores e uma tabela de parâmetros físicos do(s) meio(s) contaminado(s).

A segunda etapa foi desenvolver um layout (ainda não definitivo) para o software que contém uma janela para o menu principal, 3 janelas para inserir dados e 3 janelas para visualizar resultados. Foi usada a biblioteca tkinter do Python para o desenvolvimento da interface gráfica.

Após a produção do layout, foram inseridas no programa as fórmulas matemáticas para calcular os riscos de desenvolver efeitos carcinogênicos e não-carcinogênicos, determinação das concentrações máximas aceitáveis na fonte de contaminação, bem como o Fator de Remediação para se atingir estes valores máximos.

## 2.3 Testagem dos cálculos

Para averiguar se as fórmulas inseridas no programa estavam corretas, foram realizados diversos testes e os resultados do software foram comparados com as planilhas de Avaliação de Risco à saúde Humana da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

As planilhas da CETESB servem para avaliação de risco em áreas contaminadas sob investigação, objetivando padronizar e otimizar a execução dos estudos de avaliação de risco realizados no Estado de São Paulo (CETESB, 2013).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Interface gráfica

Foi produzida a interface gráfica para que o usuário insira os dados de entrada (Figura 1). Esses dados são os cenários de exposição à contaminação (Figura 2), os contaminantes de interesse, os tipos de receptores que serão analisados e os parâmetros de exposição dos receptores (Figura 3) e os parâmetros físicos do(s) meio(s) contaminado(s). O software também já conta com a interface gráfica dos dados de saída, sendo eles: Risco e Quociente de Perigo, Concentração Máxima na Fonte e o Fator de Remediação.

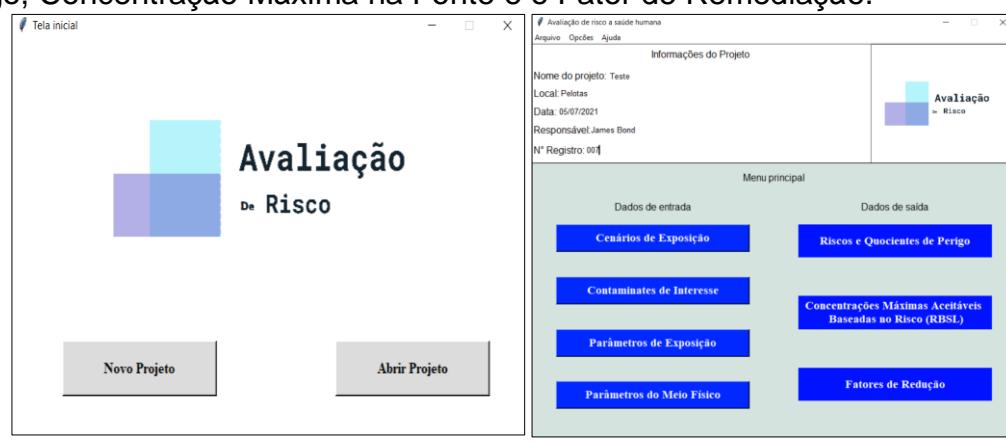


Figura 1: Tela Inicial em (a) e Menu Principal em (b)



Cenários de Exposição

Selecione os meios contaminados

<b>SOLO SUPERFICIAL</b>	<b>SOLO SUBSUPERFICIAL</b>	<b>ÁGUA SUBTERRÂNEA</b>
<input type="checkbox"/> CONTATO DÉRMICO	<input type="checkbox"/> INALAÇÃO	<input type="checkbox"/> INGESTÃO
<input type="checkbox"/> INALAÇÃO	<input type="checkbox"/> INALAÇÃO	<input type="checkbox"/> INGESTÃO
<input type="checkbox"/> INGESTÃO	<input type="checkbox"/> INGESTÃO	<input type="checkbox"/> CONTATO DÉRMICO

Selecione a forma de contato com o meio contaminado

<input type="checkbox"/> Contato dérmico com o solo superficial	<input checked="" type="checkbox"/> Inalação de vapores provenientes do solo superficial	<input checked="" type="checkbox"/> Ingestão de partículas do solo superficial	<input checked="" type="checkbox"/> Inalação de vapores em ambientes abertos provenientes do solo subsuperficial	<input type="checkbox"/> Ingestão de água subterrânea contaminada a partir da lixiviação do solo subsuperficial	<input type="checkbox"/> Contato dérmico com água subterrânea contaminada	<input checked="" type="checkbox"/> Inalação de vapores em ambientes abertos provenientes da água subterrânea	<input checked="" type="checkbox"/> Inalação de vapores em ambientes fechados provenientes da água subterrânea	<input type="checkbox"/> Ingestão de água subterrânea contaminada
---	--	--	--	---	---	---	--	---

Selecione as vias de exposição

<input checked="" type="checkbox"/> Contato dérmico com o solo superficial	<input checked="" type="checkbox"/> Inalação de partículas provenientes do solo superficial	<input checked="" type="checkbox"/> Ingestão de partículas do solo superficial	<input checked="" type="checkbox"/> Inalação de vapores em ambientes abertos provenientes do solo subsuperficial	<input type="checkbox"/> Ingestão de água subterrânea contaminada a partir da lixiviação do solo subsuperficial	<input type="checkbox"/> Contato dérmico com água subterrânea contaminada	<input checked="" type="checkbox"/> Inalação de vapores em ambientes abertos provenientes da água subterrânea	<input checked="" type="checkbox"/> Inalação de vapores em ambientes fechados provenientes da água subterrânea	<input type="checkbox"/> Ingestão de água subterrânea contaminada
--	---	--	--	---	---	---	--	---

**Salvar**      **Imprimir**      **Ajuda**

Figura 2: Cenários de exposição

Parâmetros de Exposição

Parâmetros Gerais

PARÂMETRO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	RESIDENCIAL RURAL		RESIDENCIAL URBANO		TRABALHADORES		REFERÊNCIA
			CRIANÇA	ADULTO	CRIANÇA	ADULTO	COMERCIAL E INDUSTRIAL	OBRA CIVIL E ESCAVAÇÃO	
DE	Duração da exposição	Anos	6	72	6	30	25	2	CETESB, 2001
ExpVida	Expectativa de Vida	Anos	72	72	72	72	72	72	ASTM, 2001
ATc	Tempo médio para efeitos carcinogênicos	dias	26280	26280	26280	26280	26280	26280	CETESB, 2009
ATnc	Tempo médio para efeitos não carcinogênicos	dias	2190	26280	2190	10950	9125	730	IBGE, 2008
PC	Massa corporal	kg	15	63	15	70	70	70	Couto, 2006
ET_i	Tempo de Exposição para inalação de partículas e vapores do solo superficial	Horas/dia	8	8	4	2	8	8	US EPA RAGS, 1999
ET_das	Tempo de Exposição para contato dérmico com água subterrânea	Horas/dia	2	4	2	4	2	8	US EPA CEFR
ET_i,a	Tempo de Exposição para inalação de vapores em ambientes abertos	Horas/dia	8	8	8	8	8	8	RVMI
ET_f	Tempo de Exposição para inalação de vapores em ambientes Fechados	Horas/dia	16	16	16	8	8	8	Capeletti, 2000
ET_nat,d	Tempo de Exposição durante recreação em água sup. - contato dérmico	Horas/dia	2	1	2	1	0	0	IBGE, 2008
ET_nat,i	Tempo de Exposição durante recreação em água sup. - inalação	Horas/dia	2	1	2	1	0	0	CETESB, 2009
ET_nat,o	Tempo de Exposição durante recreação em água sup. -ingesta	Horas/dia	2	1	2	1	0	0	CETESB, 2009
FE_d,s	Frequência de Exposição para Contato dérmico com solo superficial	dia/ano	350	350	350	290	290	290	CETESB, 2009
FE_d,a	Frequência de Exposição para Contato dérmico com a água subterrânea	dia/ano	350	350	350	290	290	290	CETESB, 2009
FE_r	Frequência da Exposição para recreação	dia/ano	104	104	104	0	0	0	CETESB, 2009
FE	Frequência da Exposição	dia/ano	350	350	350	290	290	290	CETESB, 2009
EV	Frequência de Eventos para contato dérmico com o solo	eventos/dia	1	1	1	1	1	1	CETESB, 2009
TI_s	Taxa de ingestão de solo	mg/dia	200	200	100	100	20	200	CETESB, 2009
TI_ar,a	Taxa de inalação diária em ambientes fechados	m³/hora	0.62	0.95	0.62	0.95	1.2	1.2	CETESB, 2009
TI_ar,a	Taxa de inalação diária em ambientes abertos	m³/hora	0.78	1.2	0.78	1.2	1.2	1.2	CETESB, 2009
TI_a	Taxa de ingestão diária de água	L/dia	1	2	1	2	1	1	CETESB, 2009
TI_nat	Taxa de ingestão de água durante a recreação na água superficial	L/hora	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	CETESB, 2009
AF	Fator de aderência do solo na pele	mg/cm² evento	0.2	0.07	0.2	0.07	0.2	0.2	CETESB, 2009
SA	Área superficial da pele disponível para contato dérmico - solo e água subterrânea	cm²	4783	10367	4783	10367	2457	2457	CETESB, 2009
SA_rec	Área superficial da pele disponível para contato dérmico durante recreação na água superficial	-	7260	19400	0	0	0	0	CETESB, 2009
FI	Fração Ingerida da Fonte de Contaminação - Solo	-	1	1	1	1	1	1	CETESB, 2009
FD	Fração da fonte em contato dérmico	-	1	1	1	1	1	1	CETESB, 2009
T_event	Duração do evento	hora/evento	1	0.58	1	0.58	0	0	-
THQ	Quociente de Risco não Carcinogênico	-	1	1	1	1	1	1	CETESB, 2009
TR	Risco Carcinogênico	-	1e-5	1e-5	1e-5	1e-5	1e-5	1e-5	CETESB, 2009
THI	Limite do somatório para não carcinogênico	-	1	1	1	1	1	1	-
TRT	Limite do somatório para carcinogênico	-	1e-5	1e-5	1e-5	1e-5	1e-5	1e-5	-

Selecionar o(s) tipo(s) de receptor(es):

<b>RESIDENCIAL RURAL</b>	<b>RESIDENCIAL URBANO</b>	<b>TRABALHADORES</b>
<input checked="" type="checkbox"/> CRIANÇA	<input type="checkbox"/> CRIANÇA	<input type="checkbox"/> COMERCIAL E INDUSTRIAL
<input type="checkbox"/> ADULTO	<input type="checkbox"/> ADULTO	<input type="checkbox"/> OBRA CIVIL E ESCAVAÇÃO

**Salvar**      **Ajuda**

Figura 3: Parâmetros de Exposição

### 3.2 Validação dos resultados

Como é fundamental a exatidão dos cálculos, o processo de validação dos resultados, gerado pelo programa, é imprescindível, pois ele que permite garantir veracidade das informações geradas.

Após a realização de diversos testes e comparação dos resultados do programa com as planilhas da CETESB, foi possível validar todos os cálculos inseridas no programa e reproduzir exatamente os valores gerados nas planilhas da CETESB (2013).



Riscos e Quocientes de Perigo - Solo Superficial										
Residencial			Rural Criança							
Riscos e Quocientes de Perigo										
Nº CAS	Contaminante	Efeito Adverso	Contato dérmico com o solo superficial	Inalação de vapores provenientes do solo superficial	Inalação de partículas provenientes do solo superficial	Ingestão de partículas do solo superficial				
30560-19-1	Acefato	NC C	1.53e-03 4.43e-09	ND	ND	3.20e-03 9.27e-09				
67-64-1	Acetona	NC	ND	1.67e-08	6.99e-15	1.42e-07 1.59e-07				
7782-50-5	Cloro	NC	ND	ND	1.45e-08	1.28e-05 1.28e-05				

SOMATÓRIO POR VIA DE EXPOSIÇÃO				
Efeito Adverso	Contato dérmico com o solo superficial	Inalação de vapores provenientes do solo superficial	Inalação de partículas provenientes do solo superficial	Ingestão de partículas do solo superficial
NC	1.53e-03	1.67e-08	1.45e-08	3.21e-03
C	4.43e-09	0.00e+00	0.00e+00	9.27e-09

LEGENDA:

NA: Via de exposição não aplicável

ND: Alguns dados não estão disponíveis para realizar o cálculo

NC: Não carcinogênico

C: Carcinogênico

: Valor excedeu o THQ ou o TR

Figura 4: Janela de Resultados

## 4. CONCLUSÕES

Pode-se concluir que a primeira etapa de elaboração do software de Avaliação de Risco à Saúde Humana está concluída e validada. A inovação tecnológica ajuda a fomentar o conhecimento, agiliza os processos e fornece respostas rápidas a cerca de um problema.

A produção de um software livre para a Avaliação de Riscos à Saúde humana contribuirá para produções de pesquisas em diferentes tópicos de ciências ambientais, além de possibilitar seu uso para os alunos da graduação, que fazem disciplinas nessa área do conhecimento.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MENEZES, Nilo Ney Coutinho. **Introdução à programação com Python. Algoritmos e lógica de programação para iniciantes**, Novatec, São Paulo, 2010.

CETESB. **Planilhas para Avaliação**, maio 2013. Acessado em: 30 de julho 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/documentacao/planilhas-para-avaliacao/>

NRC. National Research Council. **Commission on Life Sciences. Board on Environmental Studies and Toxicology**. Committee to Review the OMB Risk Assessment Bulletin. Scientific Review of the Proposed Risk Assessment Bulletin from the Office of Management and Budget. Washington: National Academy Press, 2007. 286 p.