

<http://dx.doi.org/10.15202/10.15202/19811896.2015v20n39p38>

MODELAGEM DE DISTÂNCIA SEGURA PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO DE GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO (GLP)

Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega¹

José Luiz Fernandes²

Andréa Sousa da Cunha Fernandes³

RESUMO

Os Estudos de Análise de Riscos Industriais são extremamente importantes para proteger a população sediada no entorno de uma instalação convencional ou industrial suscetível a acidentes pela dispersão de substâncias tóxicas, incêndios, explosões, ondas de choque, entre outros. Tais ocorrências, na maioria das vezes, não ficam limitadas às instalações da empresa em questão, tornando-se objeto de estudo em um processo de licenciamento ambiental. Neste trabalho propõe-se um modelo matemático simplificado para a determinação da distância segura em uma instalação, em conformidade com a Norma P4.261/2003 da CETESB, além de empregar os conceitos das normas do INEA e FEPAM, para auxiliar na análise dos procedimentos de licenciamento ambiental.

Palavras-chave: Análise de risco. Licenciamento ambiental. Modelagem.

MODELING OF SAFE DISTANCE FOR ENVIRONMENTAL LICENSING – CASE STUDY FOR STORAGE OF LPG

ABSTRACT

Studies of Industrial Risk Analysis are extremely important to protect the population based surrounding the installation conventional or industrial susceptible to the dispersion of toxic substances, fires, explosions, shock waves, among others. Such occurrences, most often, are not limited to company facilities in question, making it an object of study in the licensing process. This paper proposes a simplified mathematical model for determining the safe distance from an installation in accordance with P4.261/2003 CETESB's standard, besides employing the concepts of INEA's and FEPAM's standards to assist in licensing procedures environment.

Keywords: Risk analysis. Environmental licensing. Modeling.

¹ Pós-Doutor em Engenharia pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil
Professor do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil
engmarcelo@terra.com.br

² Pós-Doutor em Engenharia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil
Professor do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil
jlui fernandes@gmail.com

³ Mestre em Ciências pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil
Professora do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil
andreasunha@gmail.com

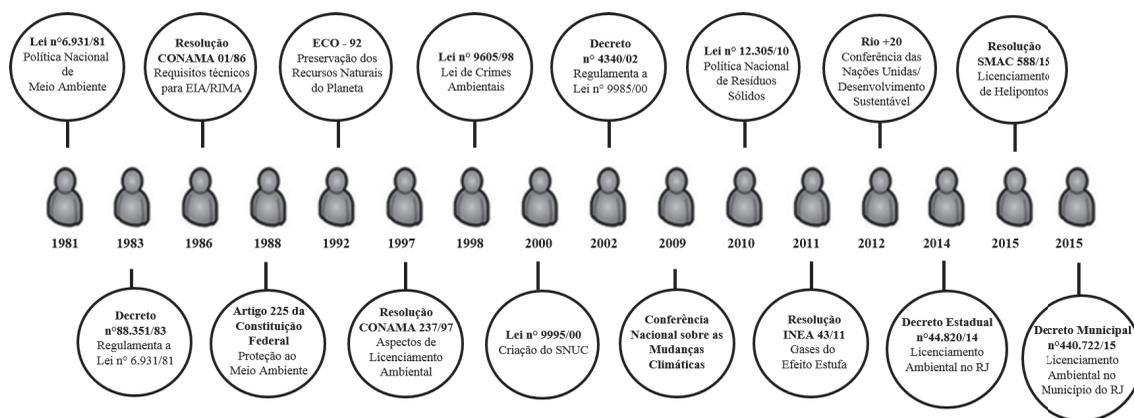
1 INTRODUÇÃO

A progressiva expansão da capacidade produtiva ao longo de décadas gerou graves problemas de degradação ambiental, além de consequências de qualidade de vida e de saúde.

O crescimento da preocupação com a conservação e a preservação da qualidade ambiental têm se tornado cada vez mais ativos em diversos países, em virtude da evolução do histórico de problemas ambientais gerados ao longo dos anos, principalmente pela operação de processos industriais, que geram degradação da qualidade ambiental tanto em sua operação de rotina quanto em acidentes ambientais (explosões, derramamentos, vazamentos, transbordamentos em equipamentos ou instalações).

Na Década de 80, surge no Brasil a primeira legislação ambiental em virtude dessa crescente expansão econômica e, ao mesmo tempo, a preocupação com a conservação e preservação. A Figura 1 apresenta, de forma cronológica, os principais acontecimentos na área ambiental no Brasil, desde 1981 até 2015.

Figura 1: Marcos ambientais no período de 1981 até 2015



FONTE: Os autores.

No Quadro 1 são apresentados os principais marcos ambientais até os dias atuais.

Quadro 1: Principais marcos ambientais de 1981 até 2015

Ano	Acontecimentos
1981	Lei nº 6.938/81- Política Nacional de Meio Ambiente (BRASIL, 1981).
1983	Decreto nº 88.351/83 – Regulamentação da Lei nº 6.938/81 (BRASIL, 1983a).
1986	Resolução nº 01 do CONAMA de 1986 - Requisitos técnicos para os Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e Relatórios de Impactos Ambientais (RIMA) (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 1986).
1988	Constituição Federal (BRASIL, 1988), Artigo 225 – Proteção do Meio Ambiente.
1992	ECO-92 - Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, que discutiu a preservação dos recursos naturais do planeta.
1997	Resolução nº 237 do CONAMA de 1997 - Aspectos do licenciamento ambiental (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 1997).
1998	Lei nº 9605/98 - Lei de Crimes Ambientais (BRASIL, 1998). Redução de gases do efeito estufa (GEE), que constam do Anexo A, do Protocolo de Quioto da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC).

Quadro 1: Principais marcos ambientais de 1981 até 2015 (continuação)

Ano	Acontecimentos
2000	Lei nº 9.985/00 – Criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) (BRASIL, 2000).
2001	O órgão do Rio Grande do Sul - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM) - elaborou seu Manual de Análise de Riscos (FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER, 2001).
2002	Decreto nº 4.340/02 – Regulamentação da Lei 9985/00 (BRASIL, 2002).
2003	A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) produziu sua norma P4.261.
2005	O órgão ambiental do Estado do Rio de Janeiro conseguiu elaborar um documento de referência.
2007	Descentralização do licenciamento ambiental para os municípios conveniados ao Governo do Estado do Rio de Janeiro.
2009	Realização da Conferência Nacional sobre as Mudanças Climáticas.
2010	Lei nº 12.305, de 02 de Agosto de 2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010).
2011	Resolução INEA nº 43 de 16 de novembro de 2011 - questionário declaratório de gases de efeito estufa para fins de licenciamento ambiental/ RJ (INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE, 2011).
2012	Rio+20 – A Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, realizada na cidade do Rio de Janeiro, marcou os 20 anos de realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento.
2014	Decreto Estadual no 44.820/14 – Regulamentação do Licenciamento Ambiental no Estado do RJ (RIO DE JANEIRO, 2014).
2015	Resolução SMAC 588/15 – Licenciamento Ambiental de Helipontos (RIO DE JANEIRO, 2015);
2015	Decreto Municipal n. 40.722/15 – Licenciamento Ambiental no Município do RJ (RIO DE JANEIRO, 2015).

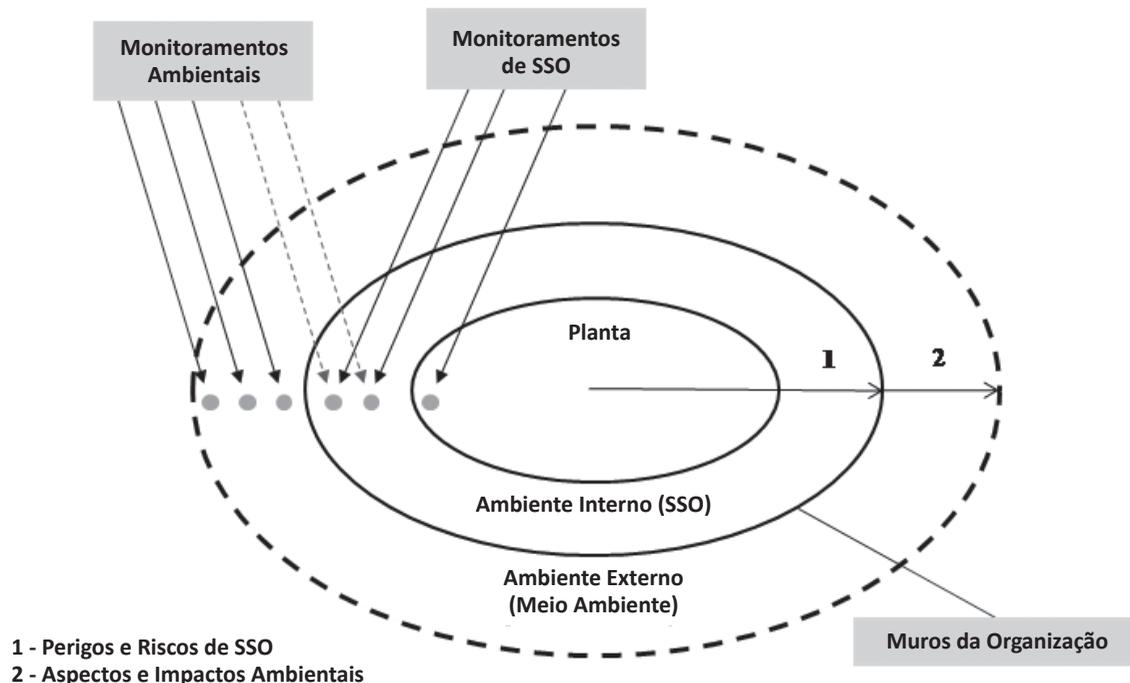
FONTE: Os autores.

De acordo com Rodrigues (2010), a avaliação de impactos ambientais e o licenciamento de atividades efetivas, ou potencialmente poluidoras, são estabelecidos pela Política Nacional de Meio Ambiente, de 1981, como dois de seus instrumentos de implantação.

Para se analisar uma planta industrial têm-se dois cenários: o interno e o externo. O cenário interno à planta é um problema que está vinculado ao Ministério do Trabalho. Porém, se for um cenário externo a esta planta industrial, passa a ser um problema ambiental, e neste caso há uma multiplicidade de legislações, variando de acordo com o Município e Estado.

As questões de Segurança e Saúde do trabalho são tratadas no âmbito da Portaria nº 3.214/78 do Ministério do Trabalho e Emprego (BRASIL, 1978), por meio de suas Normas Regulamentadoras, especificamente a NR-4 (BRASIL, 1983b), que trata do dimensionamento do número e qualificações do pessoal envolvido nesta área, sendo função do grau de risco e do número de funcionários. Contudo, os aspectos ambientais que são externos à planta, conforme ilustrado na Figura 2, não estão contemplados nesta Portaria, e sim, em um conjunto de normas técnicas, resoluções, decretos, notas técnicas, diretrizes, dentre outras referências.

Figura 2: Abrangência de impactos



FONTE: (SEIFFERT, 2008).

Com o Decreto nº 42.159 de 2 de dezembro de 2009 (RIO DE JANEIRO, 2009), foi estabelecida a necessidade de um responsável técnico para a área ambiental, de forma análoga à NR-4. Assim, no contexto do licenciamento ambiental, é obrigatória a existência do responsável pela área de Meio Ambiente, sendo em muitos casos práticos aqueles responsáveis pela área de Segurança e Saúde.

O escopo deste trabalho delimita as questões envolvendo os cenários acidentais provenientes de armazenagem de inflamáveis e combustíveis no que tange aos aspectos saúde, segurança e meio ambiente.

2 DESENVOLVIMENTO

Nesta seção serão desenvolvidos os critérios estabelecidos pelos órgãos ambientais para risco ambiental (ver item 2.1) e a modelagem da distância segura a partir da quantidade armazenada (ver item 2.2).

2.1 Critérios estabelecidos pelos órgãos ambientais para risco ambiental

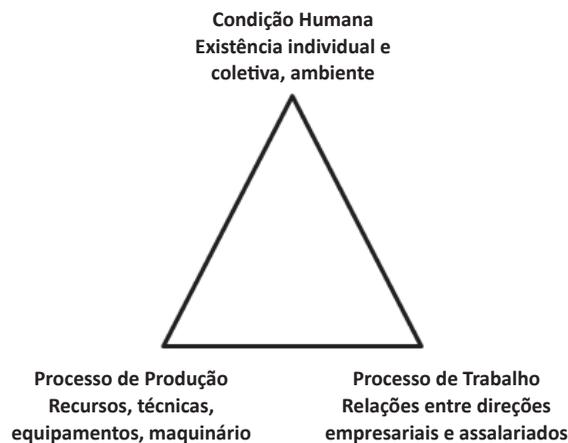
Risco é toda possível fonte acidental de perigo, produção de dano ou dificuldade, ou frequência prevista dos efeitos indesejáveis decorrentes da exposição a um poluente.

O risco pode ser tomado como uma categoria de análise associada a *priori* às noções de incerteza, exposição ao perigo, perda e prejuízos materiais, econômicos e humanos em função

de processos de ordem “natural” (tais como os processos exógenos e endógenos da Terra) e/ou daqueles associados ao trabalho e às relações humanas.

O risco ambiental deve ser considerado como um processo que se estrutura ao longo do tempo, não estando restrito aos eventos “naturais” ou tecnológicos catastróficos (de grande magnitude e concentrados em curtos intervalos de tempo, ainda que recorrentes), como grandes enchentes, acidentes industriais etc. A construção do risco, tomada como um somatório de processos em diferentes intervalos temporais, está vinculada ao modo de vida moderna e à vida cotidiana nas cidades. Porém, a melhor definição para analisar riscos industriais será denominá-la risco tecnológico. Segundo Sevá (1981), a figura 3 mostra que se um dos três fatores for encontrado haverá risco tecnológico.

Figura 3: Aspectos principais do risco tecnológico



FONTE: Os autores.

A análise sistemática de risco está presente em três órgãos - a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), o Instituto Estadual do Ambiente (INEA) e a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM).

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) realiza a análise de risco baseando-se na quantidade de substância perigosa armazenada e em uma tabela de distância segura necessária, sem levar em consideração a população do local para o dimensionamento do nível de risco. Já o Instituto Estadual do Ambiente (INEA) e a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) possuem sistemáticas similares, uma vez que levam em consideração a quantidade de substâncias armazenadas e a população do local. Estes Órgãos consideram uma Distância de Referência (**d_r**) igual a 50 m para qualquer valor de distância do empreendimento ao reservatório para valores menores que 50 m. Importante ressaltar que não apresentam um Programa de Gerenciamento de Riscos para atividades de risco menor.

2.2 Modelagem da distância segura a partir da quantidade armazenada

A norma da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) – P4.261/2003 (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2003) , que trata de critérios para a elaboração de estudos de análise de riscos, é composta por duas partes principais:

- a) parte 1 – aborda o critério para classificação de instalações industriais quanto à periculosidade para a realização de um estudo de análise de riscos para os empreendimentos industriais no processo de licenciamento ambiental; e
- b) parte 2 – termo de referência para a elaboração de estudos (interpretação e avaliação de resultados) de análise de risco.

Além destas duas partes, existem alguns anexos, dentre eles o ANEXO C – “Relação entre as quantidades de substâncias tóxicas e distâncias seguras”, que relaciona uma quantidade em massa (**m**), expressa em quilograma, a uma distância segura (**d_s**), expressa em metros, a qual se tem o seguinte critério:

- a) caso 1 – dispensa de Estudo de Análise de Riscos, porém com apresentação de um Programa de Gerenciamento de Riscos Simplificado (PGRs), como mostrado na Equação 1: $d_i \geq d_s$; e
- b) caso 2: apresentar Estudo de Análise de Riscos, com apresentação de um Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR), como mostrado na Equação 2: $d_i < d_s$. Em que: **d_i**: distância da armazenagem da substância perigosa até os limites da instalação (m) / **d_s**: distância segura (m) / **m**: massa armazenada do produto químico (kg).

A tabela de distância segura (**d_s**) em função da massa armazenada (**m**) existe para várias substâncias químicas, tais como: GLP, acetileno, tolueno, xileno, etanol, dentre outras. A Tabela 1 ilustra a distância segura para o GLP de acordo com a massa da substância. Vale destacar que o fabricante do produto deve disponibilizar a Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico (FISPQ) conforme NBR 14.725, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (2010).

Tabela 1: Distância segura em função da massa armazenada de GLP

Massa da substância GLP (kg)	Distância Segura d_s (m)	Massa da substância GLP (kg)	Distância Segura d_s (m)
10	0	600	39
50	11	650	40
100	17	700	41
150	22	750	43
200	25	800	44
250	28	850	45
300	30	900	46
350	33	950	47
400	35	1000	48
450	36	1500	52
500	37	2000	58
550	38		

FONTE: Adaptado de (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2003).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A norma P4.261/2003 da CETESB possui várias tabelas relacionando a quantidade de produtos perigosos (tóxicos, combustíveis ou inflamáveis) com a distância segura.

Ressalta-se que a distância segura mencionada nesta norma é aquela em que para uma dada quantidade de massa armazenada é necessário possuir uma distância mínima de segurança para que os efeitos de acidentes, vazamentos, explosões, dentre outros cenários, fiquem

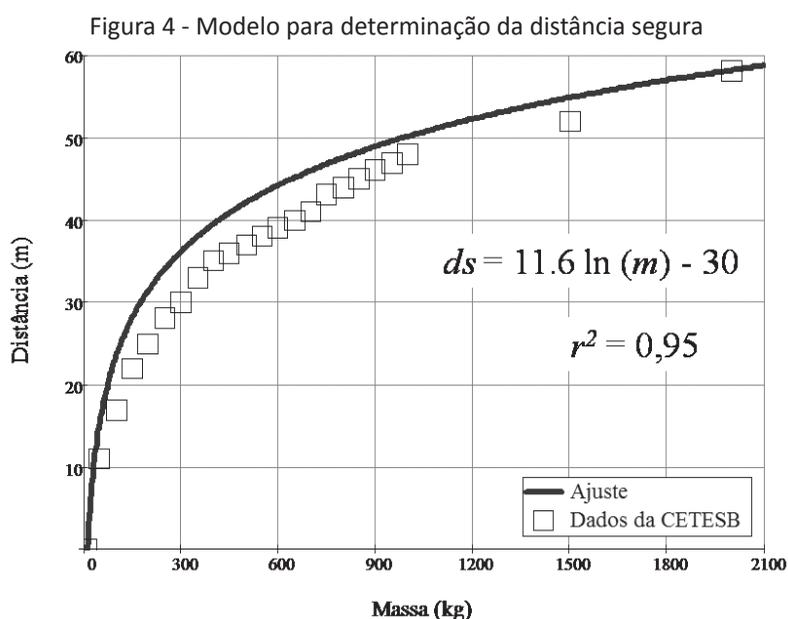
restritos ao ambiente interno da empresa, sem impactar a população circunvizinha, devendo-se considerar a área de influência.

De acordo com Barbosa, Barata e Hacon (2012), entende-se como área de influência a área geográfica e as comunidades que podem ser direta ou indiretamente impactadas pelas atividades e operações de um determinado empreendimento. A caracterização da área de influência abrange os ecossistemas e os aspectos socioeconômicos, culturais e de saúde. Contudo, as tabelas são extensas e possuem um número limitado de casos para cada substância, acarretando em erro de interpretação, pois se o valor desejado estiver compreendido entre dois valores, seria feita uma interpolação linear ou linearização, o que é fisicamente inadequado.

Adicionalmente cabe dizer que para cada tabela de substância são feitas várias simulações para prever a distância segura, porém é importante ressaltar que não é utilizado um modelo matemático global capaz de descrever um maior intervalo de massas armazenadas. Desta forma, dentre os modelos matemáticos testados pelo método dos mínimos quadrados, o que se mostrou o mais adequado é representado pela Equação 3: $Y = A \cdot \ln(x) + B$, em que **A** e **B** são constantes em função de cada tipo de substância, podendo ser obtido para cada uma das tabelas da referida norma, sendo **Y** a distância segura e **x** a quantidade de massa armazenada.

Com base nestes aspectos, propõe-se a Equação 4 para a obtenção de d_s a partir da massa **m** para o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP): $d_s = 11,6 \cdot \ln(m) - 30$.

A Equação 4 foi obtida empregando-se o método dos mínimos quadrados, conforme Montgomery, Runger e Hubele (2005), obtendo-se uma qualidade no ajuste verificada pelo coeficiente de determinação (r^2) com valor de 0,95. Foi empregado o programa comercial Mathcad R-13 para o tratamento dos dados e modelagem, conforme mostrado na Figura 4. Destaca-se que a equação obtida é conservativa no que se refere à determinação da distância segura. Isto pode ser observado na figura 3, uma vez que os pontos apresentados localizam-se abaixo da curva. Esta formatação conservativa da Equação 4 tem como objetivo indicar que a distância segura modelada é superior ao exigido pelo órgão ambiental.



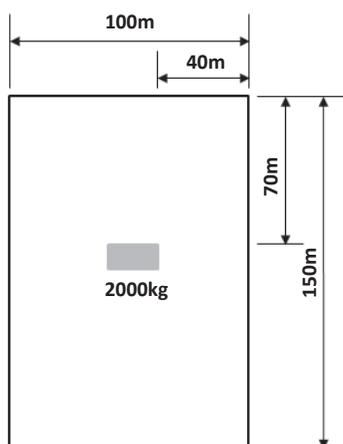
FONTE: (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2003).

Para analisar a discussão dos resultados e aplicação da Equação 4 em um problema real, estabelecemos um estudo de caso de uma instalação industrial para armazenamento de GLP. Este estudo de análise de risco industrial teve como finalidade demonstrar o nível de risco desse empreendimento à população sensível. Foram utilizados quatro procedimentos em diferentes Regiões/Estados para fazer a análise dos dados e descrever qual norma que é mais adequada, do ponto de vista da segurança e meio ambiente. A seguir estão listados os dados avaliados:

- área de 15.000 m², sendo o terreno com dimensões: 100 x 150 m;
- quantidade de GLP no centro do terreno: 2.000kg; e
- densidade populacional do local: 100 habitantes/hectare.

O croqui do terreno e do tanque pode ser visto na Figura 5. Considera-se que o tanque está no centro do terreno e a população está muito próxima ao muro.

Figura 5: Croqui do terreno e tanque



FONTE: Os autores.

Para este exemplo serão testadas as três normativas descritas anteriormente: CETESB, FEPAM e INEA, considerando que o exemplo será tratado em três estados diferentes.

3.1 Análise do caso pela norma da CESTEB

Segundo a Norma P4.261 da CETESB (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2003), para uma quantidade de 2.000 kg de GLP a distância segura da população é de 58 m, conforme mostrado na Tabela 1. Na Figura 5, pode-se observar que um dos lados está fora do padrão de segurança (o lado de menor valor), então será necessário realizar o Estudo de Análise de Riscos Quantitativo como mostrado na Equação 2, para procurar identificar antecipadamente os perigos nas instalações, processos, produtos e serviços e quantificar os riscos associados à população externa.

3.2 Análise do caso pela norma da FEPAM

De acordo com a FEPAM, a empresa citada na Figura 5 está classificada na categoria de risco 1, que corresponde a instalações/atividades que apresentam risco desprezível devido à

pouca quantidade de substâncias perigosas em processo ou armazenagem, como mostrado na Tabela 2. Portanto, estaria isenta de exigências que diz respeito a riscos industriais e de licenças adicionais para operação.

Tabela 2: Tabela de índice de risco

Índice de Risco (IR)	Categoria de Risco	Danos
$IR \leq 1$	1	Desprezível
$1 < IR \leq 2$	2	Significativos $\leq 100m$
$2 < IR \leq 4$	3	Significativos de 100m até 500m
$IR > 4$	4	Significativos $\geq 500m$

FONTE: (FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER, 2001).

Pelo manual proposto pela FEPAM (FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER, 2001), tem-se que o risco tecnológico é definido pela relação entre a massa armazenada do produto químico dividida pela distância de referência da substância armazenada do produto químico até os limites da instalação.

Considerando a massa de 2000 kg e a distância de referência, assumindo os valores 40m e 70m, conforme descrito na Figura 5, tem-se que os valores dos riscos tecnológicos serão 50 e 28,5 kg/m, respectivamente. Como era de se esperar, verifica-se que à medida que a distância de referência aumenta o risco ambiental/tecnológico diminui. O maior risco para a comunidade foi o equivalente à distância de 40m, considerando 50m a distância padrão da norma FEPAM e INEA.

De posse dos valores de riscos tecnológicos, escolhe-se o lado com maior risco e determinam-se o Fator de Perigo (FP), o Fator de Distância (FD) e, como consequência, o Índice de Risco (IR).

O Fator de Distância (FD) é calculado pela razão entre a menor distância de referência (40m) e pelo valor estabelecido, que é de 50m, obtendo-se o valor do risco tecnológico, segundo a metodologia estabelecida pela FEPAM, de 0,8.

O Fator de Perigo (FP) é calculado pela razão entre a massa do equipamento (2000kg) e a massa de referência (2500kg), obtendo-se o valor do risco tecnológico, segundo a metodologia estabelecida pela FEPAM, de 0,8.

Finalizando o processo de cálculo, o Índice de Risco é a razão entre o Fator de Perigo (FP) e o Fator de Distância (FD), obtendo-se o valor de 1,0. Este valor, quando comparado com os resultados apresentados na Tabela 2, caracteriza-se por ser uma categoria de risco 1, o que representa um dano desprezível.

3.3 Análise do caso pela resolução INEA 15/2009

Para obter a licença ambiental, segundo a normalização do INEA, deve-se apresentar a memória de cálculo e não são exigidos documentos técnicos.

De acordo com o INEA, a empresa descrita na Figura 5 estaria incluída na NRP 1, de acordo com a Tabela 3, considerando de 26 a 160 pessoas por hectare, uma vez que a população ao redor das instalações, pela densidade demográfica, é de 100 habitantes/hectare.

Tabela 3: Tabela de índice de risco

Índice de Risco	Densidade Populacional		
	Até 25 pessoas por hectare	De 26 e 160 pessoas por hectare	Mais de 160 pessoas por hectare
		Nível de risco preliminar	
≤ 1	1	1	2
> 1 e ≤ 2,5	1	2	3
> 2,5 e ≤ 5	2	3	4
>5	3	4	4

FONTE: (INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE, 2009).

Segundo a Norma, para esta análise o Índice de Risco (IR) é definido como sendo a razão entre o Fator de Perigo (FP) e a distância de referência, sendo esta divisão multiplicada por 50. Sendo assim, o Índice de Risco apresentado, segundo a resolução 15/2009 do INEA, tem o valor de 0,8. Consultando a Tabela 3 com estes valores, o nível de risco preliminar apresentado será de 1.

3.4 Análise utilizando o modelo proposto

Agora será analisado o modelo proposto na Equação 4, utilizando os dados da Tabela 1 da CETESB e considerando o problema exposto na Figura 5.

Para a massa de 2000kg o valor de d_s quando se utiliza a Equação 4 será de 58,17. Sendo este valor superior ao valor descrito na Tabela 1 que é de 58m, mostrando assim que a Equação 4 é conservativa.

Um estudo mais detalhado da Equação 4 pode ser vista na Tabela 4, em que os valores apresentados na Tabela 1 serão confrontados com os valores desenvolvidos pela Equação 4 e o erro relativo entre os valores foi calculado. O erro relativo médio foi de 14,84%, considerando que a Equação 4 apresenta-se de forma conservativa.

Os valores de erros relativos apresentados na Tabela 4 apresentam-se sempre em valores percentuais positivos, o que implica que os valores calculados pela equação serão maiores do que os valores desenvolvidos pela equação, apresentando valores conservativos.

Tabela 4 - Erros relativos entre os valores d_s da CETESB e da Equação 4 proposta

Massa da substância GLP (kg)	Erro Percentual (%)	Massa da substância GLP (kg)	Erro Percentual (%)
50	39,81	600	13,34
100	37,76	650	12,83
150	27,83	700	12,18
200	25,84	750	8,82
250	21,60	800	8,05
300	20,55	850	7,21
350	15,01	900	6,32
400	12,86	950	5,39
450	13,52	1000	4,44
500	13,76	1500	5,45
550	13,67	2000	0,29

FONTE: Os autores.

Verificou-se em função das informações apresentadas que as normas do INEA e FEPAM não consideram a real distância do armazenamento de substâncias perigosas verificadas em campo. Não há diferença de distância da população, o enquadramento é o mesmo para a atividade a ser licenciada.

Por outro lado, a sistemática adotada pela CETESB em sua norma P4.261 é extremamente rígida e dificulta o licenciamento de algumas atividades, pois um Estudo de Análise de Risco em que se determina o risco individual e social muitas vezes inviabiliza o empreendimento. Contudo, possibilitou o desenvolvimento do conceito de distância segura para produtos perigosos no que tange ao processo de licenciamento ambiental.

O modelo apresentado na Equação 4 possibilita que empreendimentos não se tornem inviáveis pelo ponto de vista de segurança das instalações, pois em um Estudo de Consequência e Vulnerabilidade é possível se ter uma ideia precisa se os Cenários Acidentais ficam dentro ou fora das instalações.

Utilizando o modelo proposto pode-se fazer uma extrapolação no valor da massa para 4000kg e 10.000kg, que representa 2 e 5 vezes o valor máximo apresentado na Tabela 4, a distância de segurança para estes casos será de 62,87m e 76,84m, respectivamente.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Norma Regulamentadora NR20 - Líquidos combustíveis e inflamáveis, do Ministério do Trabalho e Emprego, de 8 de junho de 1978, era uma referência para a determinação de distâncias seguras, pois apresentava tabelas para diversas situações e casos. No entanto, com a sua alteração, de 29 de fevereiro de 2012, o item 20.5.2.2 apenas cita que devem ser observadas as distâncias seguras e que elas são estabelecidas em normas técnicas nacionais.

No presente trabalho foi apresentado um modelo para previsão de distância segura de uma instalação para a armazenagem de GLP, ou seja, em função da massa, expressa em kg, é possível calcular distância segura, de modo a auxiliar no procedimento de avaliação no licenciamento ambiental da atividade. Verificou-se que o modelo apresentado na Equação 4 apresentou erro percentual médio conservativo de 14,84%, o que mostra que pode ser utilizado para extrapolações de valores de massa que não constam na tabela apresentada pela CETESB.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14.725**: produtos químicos: informações sobre segurança, saúde e meio ambiente. Rio de Janeiro, 2010.

BARBOSA, E. M., BARATA, M. M. L., HACON, S. S. A saúde no licenciamento ambiental: uma proposta metodológica para a avaliação dos impactos da indústria de petróleo e gás. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n.2, p. 299-310, 2012.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da república federativa do Brasil. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 5 out. 1988. Seção 1, p. 1-32. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/DOUconstituicao88.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2015.

BRASIL. Decreto nº 4.340 de 22 de Agosto de 2002. Regulamenta artigos da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 ago. 2002.

BRASIL. Decreto nº 88.351, de 01 de Junho de 1983. Regulamenta a Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1983.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 3 ago. 2010.

BRASIL. Lei nº 6.938 de 31 de Agosto de 1981. Instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2 set. 1981.

BRASIL. Lei nº 9.605 de 12 de Fevereiro de 1998. Lei de Crimes Ambientais. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 12 fev. 1998.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de Julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 19 jul. 2000.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 3.214, de 8 de Junho de 1978. Aprova as Normas Regulamentadoras - NR - do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas a Segurança e Medicina do Trabalho. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 6 jul. 1978. Disponível em: <<http://www010.dataprev.gov.br/sislex/paginas/63/mte/1978/3214.htm>>. Acesso em: 28 out. 2015.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 33, de 27 de Outubro de 1983. NR 4: Serviços especializados em engenharia de segurança e em medicina do trabalho. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 31 out. 1983. Disponível em: <<http://www010.dataprev.gov.br/sislex/paginas/05/mtb/4.htm>>. Acesso em: 28 out. 2015.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria SIT nº 308, de 29 de fevereiro de 2012. Altera a Norma Regulamentadora nº 20: líquidos combustíveis e inflamáveis. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 6 mar. 2012.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Norma P4.261**: manual de orientação para a elaboração de estudos de análises de riscos. CETESB, 2003.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução CONAMA nº 01, de 23 de janeiro de 1986. Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 fev. 1986.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 22 de dez. 1997.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER. **Manual de Análise de Riscos Ambientais**: sistemática de referência para os procedimentos internos da FEPAM no licenciamento de atividades em pontos externos às instalações, dentro de um contexto de análise de riscos industriais. Porto Alegre, 2001.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ). **Resolução do INEA nº 15/09**. Instrução técnica para elaboração de estudo de impacto ambiental: riscos ambientais e geografia: conceituações, abordagens e escalas. Rio de Janeiro, 2009.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ). **Resolução do INEA nº 43/11**. Dispõe sobre a apresentação de questionário declaratório de gases de efeito estufa para fins de licenciamento ambiental no estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011.

MONTGOMERY, D.; RUNGER, G.; HUBELE, N. **Estatística aplicada à Engenharia**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC. 2005.

RIO DE JANEIRO (Estado). Decreto nº 44.820, 02 de junho de 2014. Dispõe sobre o Sistema de Licenciamento Ambiental (SLAM) e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 3 jun. 2014.

RIO DE JANEIRO (RJ). Decreto nº 40.722, de 08 de outubro de 2015. Regulamenta procedimentos destinados ao Sistema Licenciamento Ambiental Municipal (SLAM Rio) e dá outras providências. **Diário Oficial do Município do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 9 out. 2015.

RIO DE JANEIRO (RJ). Decreto nº 42.159 de 02 de dezembro de 2009. **Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 2 dez. 2009.

RIO DE JANEIRO (RJ). Resolução SMAC Nº 588, de 04 de maio de 2015. Estabelecer critérios para o Licenciamento Ambiental Municipal de Helipontos no município do Rio de Janeiro. **Diário Oficial do Município do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 5 maio 2015.

RODRIGUES, G. S. S. C. A análise interdisciplinar de processos de Licenciamento Ambiental no estado de Minas Gerais: conflitos entre velhos e novos paradigmas. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 22, n. 2, p. 267-282, 2010.

SEIFFERT, M. E. B. **Sistemas de gestão ambiental (ISO 14001), saúde e segurança ocupacional (OHSAS 18001)**: vantagens da gestão integrada. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

SEVÁ FILHO, A. O. **No Limite dos riscos e da dominação**: a politização dos investimentos industriais de grande porte. 1988. 344 f. Tese (Livre-docência em Mudança Tecnológica e Transformações Sociais) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1988.

Recebido em: 25 out. 2015.

Aprovado em: 28 out. 2015.