



Revista Eletrônica do Programa de Pós-Graduação em Geografia - UFPR

AVALIAÇÃO DOS RISCOS DE INCÊNDIO E EXPLOSÃO NA ÁREA URBANA DE PARANAGUÁ-PR

EVALUTION OF FIRE AND EXPLOSION RISK AT URBAN AREA OF PARANAGUÁ-PR

(Recebido em 20-05-2017; Aceito em 09-12-2017)

Patrícia Milla Gouvêa

Graduada em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia e pós-graduada em MBA de Gestão da Qualidade pela Universidade Federal do Paraná
Especialista em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal do Paraná
patricia.milla@yahoo.com.br

Emerson Luis Tonetti

Graduado e mestre em Ciências Biológicas e doutor em Geografia pela Universidade Federal do Paraná.
Professor do Instituto Federal do Paraná - Campus Paranaguá
emersontonetti@gmail.com

Resumo

O crescimento industrial/portuário no município de Paranaguá (PR) gerou grande expansão da área urbanizada da cidade, ocorrendo uma proximidade entre os usos portuários e residenciais, verificando-se a necessidade de identificar e avaliar a exposição da população local aos riscos de incêndio e explosão relacionados com o armazenamento e manuseio de substâncias inflamáveis em usos de maior potencial poluidor. Considerando-se os elementos do Planejamento da Paisagem, os locais foram identificados e classificados por meio de trabalho de campo e espacializados nos usos mencionados, conforme grupo de substâncias inflamáveis, na escala 1:15.000. As classes utilizadas foram gases e vapores, poeiras e fibras e seus subgrupos, os tamanhos piloto (até meia quadra) e industrial/portuário e residências próximas ou não, quando fosse possível visualizá-las durante o trabalho de campo. Os resultados demonstraram que quanto maior o efeito destruidor da classe de substância, também é maior o uso residencial próximo, aumentando o risco que a população está exposta, assim como a exposição dos demais usos residenciais, sendo necessário um estudo maior de potencialização do risco e cálculo da capacidade da multiplicação e alcance de uma explosão.

Palavras-chave: Paranaguá; Risco de incêndio e explosão; Planejamento da Paisagem.

Abstract

The industrial/port growth of Paranaguá (PR), generated a great expansion of the urbanized city area, causing a closeness between port and residential uses, verifying the need to identify and evaluate the exposure of local people to explosion and fire hazards associated with the storage and handling of

flammable substances in greater potential uses polluter. Considering the principles of landscape planning, the sites were identified and classified by field work and spatialized the mentioned uses, as group of flammable substances, scale 1:15,000. The classes used were gases and vapors, dust and fibers and its subgroups, the pilot sizes (up to half a block) and industrial/port and nearby residences or not, whenever possible to identify it on field work. The results showed that the greater the destructive effect of the substance class, is also greater the residential use nearby, increasing the risk that the population is exposed to, as well as exposure of other residential uses, requiring a larger study of potentiation of risk and calculation of multiplying capacity and range of an explosion.

Keywords: *Paranaguá; fire and explosion; Landscape Planning.*

Introdução

Explosões, incêndios e a poluição ao meio ambiente decorrente destes fenômenos são uns dos mais sérios e, na maioria das vezes, imprevisíveis eventos que afetam a vida, a sociedade e os objetivos dos empreendimentos industriais, desde meados do século XIX. Ainda hoje, mesmo com todos os controles aplicados, eles continuam a ocorrer, sendo crescentes os seus impactos econômico, social e ambiental.

Paranaguá, cidade mais antiga do estado do Paraná, fundada em 1648, histórica e turística, é a principal cidade localizada no litoral paranaense em decorrência da presença do Porto Don Pedro II. O porto de Paranaguá, como é mais conhecido, é considerado o maior porto exportador de grãos do Brasil. Movimentando cerca de 45 milhões de toneladas anuais, também é considerado o maior porto graneleiro da América Latina e o terceiro maior porto nacional de contêineres. A facilidade de seus acessos rodoviários (BR 277, PR 407 e PR 508), ferroviários e fluviais (como o Canal da Galheta) contribui para a expansão portuária e econômica do município, que atualmente tem uma população de aproximadamente 140 mil habitantes, segundo IBGE (2010).

O crescimento industrial/portuário do município gerou grande expansão da área urbanizada da cidade, ocorrendo uma proximidade entre os usos portuários e residenciais, mais especificamente no que se refere a situação que hoje ocorre no bairro Vila Becker, onde as residências estão muito próximas das atividades portuárias, expostas à grande poluição, podendo propiciar riscos à população e ao meio ambiente.

Segundo Torrisi e Paula (2015), o plano diretor de Paranaguá evidencia a tímida ação de planejamento e fiscalização da ocupação do solo urbano presente na história do município, o que possibilitou a ocupação do espaço da cidade em descompasso com a legislação municipal.

Neste contexto, considerando o armazenamento e manuseio de substâncias inflamáveis em usos de maior potencial poluidor na cidade de Paranaguá, distribuição dos mesmos na área urbana e o atendimento quanto aos requisitos mínimos do plano diretor da cidade (PARANAGUÁ, 2007) em confronto aos riscos a que a população local está exposta, verifica-se necessidade de identificar e

avaliar a exposição aos riscos de incêndio e explosão relacionados com o armazenamento e manuseio de substâncias inflamáveis em usos de maior potencial poluidor e a distribuição dos mesmos na área urbana do município de Paranaguá.

Referencial Teórico

Na paisagem urbana, segundo Tonetti, Schroder e Nucci (2015), o processo de uso e ocupação do solo desprovido de um adequado planejamento, pode resultar na mistura de usos que em determinados locais caracterizam baixa qualidade do ambiente associados ou não com a incompatibilidade para o uso residencial. Os autores ressaltam que um exemplo desse tipo de incompatibilidade é a presença de habitações nas proximidades de usos com risco de explosão.

A explosão é decorrente de uma reação química muito rápida e violenta, em que ocorre uma súbita liberação de gases que se expandem dissipando energia que pode ser liberada na forma de calor, luz, som e força mecânica. De acordo com o *American Institute of Chemical Engineers* (2012), explosão pode ser definida como um fenômeno onde a onda, caracterizada como pressão ou choque, pode ser ouvida através da liberação rápida de energia pelo ar.

Incêndio é a propagação descontrolada de fogo resultante de uma reação química denominada combustão, sendo considerado um processo exotérmico, uma vez que há liberação de energia na forma de calor. Para que a combustão ocorra, são necessários três requisitos essenciais: agente oxidante ou comburente (ex. oxigênio), material combustível (ex. álcool) e uma fonte de ignição. Se um destes três requisitos estiver faltando, a combustão não ocorre. Geralmente, a energia de ativação requerida para iniciar a reação química de combustão é fornecida pela fonte de ignição. Após a ignição inicial, a reação de combustão libera energia suficiente para manter a reação sem uma fonte de ignição externa (*AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS*, 2012).

Explosões geram grandes danos pessoais e materiais em instalações onde são desenvolvidas atividades econômicas, principalmente porque estes danos são também gerados por incêndio seguido de explosão, que é o início de todo o processo.

Segundo Lapa (2006), perigo é definido como fonte, circunstância ou situação capaz de causar perdas em termos de danos à saúde, à integridade física, prejuízos à propriedade, prejuízos ao ambiente do local ou a combinação deles. Kobiyama et al. (2006) e Marcelino (2008) definem risco como a probabilidade de perda esperada para uma área habitada em um determinado tempo, devido à presença iminente de um perigo.

Seguindo tais definições, verifica-se que o risco é um conjunto de consequências indesejáveis e da probabilidade dessas consequências ocorrerem. Um acidente por incêndio ou explosão ou até um

incêndio seguido de explosão, pode gerar danos irreversíveis para as pessoas, meio ambiente e meio socioeconômico.

Os ambientes industriais/portuários que envolvem o processamento, a armazenagem e o transporte de líquidos inflamáveis, pós e grãos, como é o caso do porto de Paranaguá e usos de maior potencial poluidor, podem apresentar risco de explosões e incêndios de grandes proporções. Segundo Rangel Junior (2008), para que aconteça uma explosão decorrente da combustão de pós, por exemplo, é necessária a presença simultânea de dois fatores: uma atmosfera com características de explosividade e uma fonte de ignição. Para Mendes (2004), entende-se que atmosfera explosiva é uma mistura constituinte do ar, em condições atmosféricas, composta de substâncias inflamáveis, sob a forma de gases, vapores, névoas ou poeiras, na qual, após a ignição, a combustão se propague a toda a mistura não queimada. Sá (2007) explica como substâncias tais como a poeira podem iniciar um incêndio:

O acúmulo de poeiras no local de trabalho, depositada nos pisos, elevadores, túneis e transportadores, apresentam um risco de incêndio muito grande. Isso ocorre quando, uma superfície de poeira de grãos é aquecida até o ponto de liberação de gases de combustão que, com o auxílio de uma fonte de ignição com energia, dá início ao incêndio. Além disso, a decomposição de grãos pode gerar vapores inflamáveis, se a umidade do grão for superior a 20%, poderá gerar metanol, propanol ou butanol. Os gases metano e etano, também produzidos pela decomposição de grãos, são igualmente inflamáveis e podem gerar explosões. (SÁ, 2007, p. 63).

De acordo com o exposto acima, pode-se notar que as explosões e incêndios não são originados apenas de vapores de substâncias inflamáveis conhecidas, tais como gasolina, etanol e metanol, por exemplo. Sá (2007) e Rangel Junior (2008) defendem que há possibilidade de explosão e incêndio a partir do aquecimento de pós e grãos e de vapores inflamáveis provenientes dos mesmos, gerando uma atmosfera explosiva. Analisando estas informações, torna-se justificável o estudo sob todos os tipos de armazenamentos possíveis, incluindo líquidos inflamáveis, pós e grãos na cidade de Paranaguá.

O gerenciamento de áreas de riscos de explosão e incêndio tem evoluído desde a década de 1950 no Brasil, com a implementação de normas e regulamentações para atmosferas explosivas de forma a tornar mais seguro o trabalho nestas áreas. Na década de 1990, tornou-se obrigatória a classificação de áreas de risco ou áreas classificadas.

Segundo Teixeira (2006), áreas classificadas são espaços ou regiões tridimensionais nas quais a probabilidade da presença de uma atmosfera explosiva exige que sejam tomadas precauções especiais para a construção, instalação e utilização de equipamentos elétricos, conforme a Figura 1 a seguir:

Figura 1: Simbologia para áreas classificadas. a) simbologia para área; b) simbologia para equipamento.



Fonte: Teixeira (2006).

Um exemplo de gestão de riscos é a legislação válida dos Estados Unidos, onde o NEC - *Nacional Electrical Code* (Código Elétrico Nacional) foi originalmente criado em 1897, cerca de meio século antes do Brasil. Faz parte de tal legislação classificar as áreas em relação ao risco que elas oferecem à população e sinalizá-las quando necessário.

Observando tais fatos e também os recentes registros de dois incêndios de grandes proporções em Paranaguá, mostrados na Figura 2, ocorridos em armazém de algodão e bobinas de papel, no qual o armazém inteiro foi incendiado e outro em uma fábrica de embalagens em 07/12/15 e 20/02/16, respectivamente, nota-se a necessidade de avaliação dos riscos de incêndio e explosão inerente às atividades desenvolvidas e distribuição dos mesmos frente a população local.

Figura 2: Incêndios em Paranaguá. Esquerda: Armazém de algodão e bobina de papel. Direita: fábrica de embalagens.



Fonte: Esquerda: Divulgação - Direita: Os autores.

Teixeira (2006) apresenta a classificação do ambiente quanto à substância presente nele, de acordo com as normas API (*American Petroleum Institute*) e NEC (*National Electrical Code*) e a

subdivisão em grupos constituídos por compostos de propriedades similares, conforme mostrado no Quadro 1.

Quadro 1: Classes de substâncias inflamáveis.

Classe	I	II	III
Substância	Gases e Vapores	Poeiras	Fibras

Fonte: Teixeira (2006, p. 11).

Quadro 2: Grupos das Substâncias Inflamáveis.

Classe	Grupo	Definição
I	A	Gases da família do Etino (Acetileno)
	B	Butadieno, Epóxi-Etano (óxido de Etileno), Hidrogênio ou gases e vapores de risco equivalente ao do Hidrogênio
	C	Eteno, Ciclopropano, Etoxi-Etano (Éter Etilico), Eteno (Etileno) ou gases e vapores de risco equivalente
	D	Propano, Propanona (Acetona), Etanol (Álcool), Amônia, Benzeno, Butano, Gasolina, Metano, Gás Natural, vapores de vernizes e gases e vapores de risco equivalente
II	E	Pós metálicos combustíveis: Alumínio, Magnésio, ligas de Alumínio ou Magnésio e pós com tamanho de partícula, abrasividade e condutividade com risco similar
	F	Pós carbonáceos combustíveis: pós de carvão, de grafite, de coque e pós que apresentem características similares
	G	Pós combustíveis que não se enquadrem nos grupos E e F: pós de cereais, de plásticos, de produtos químicos. Ex.: açúcar, farinha de trigo, algumas resinas termoplásticas
III	-	Fibras Combustíveis ou material leve flutuante de fácil ignição, mas que não são prováveis de ficar em suspensão no ar em quantidades suficientes para formar mistura explosiva. Ex.: Algodão, juta, milho, cacau e fibras de madeira

Fonte: Modificado de Teixeira (2006, p. 11).

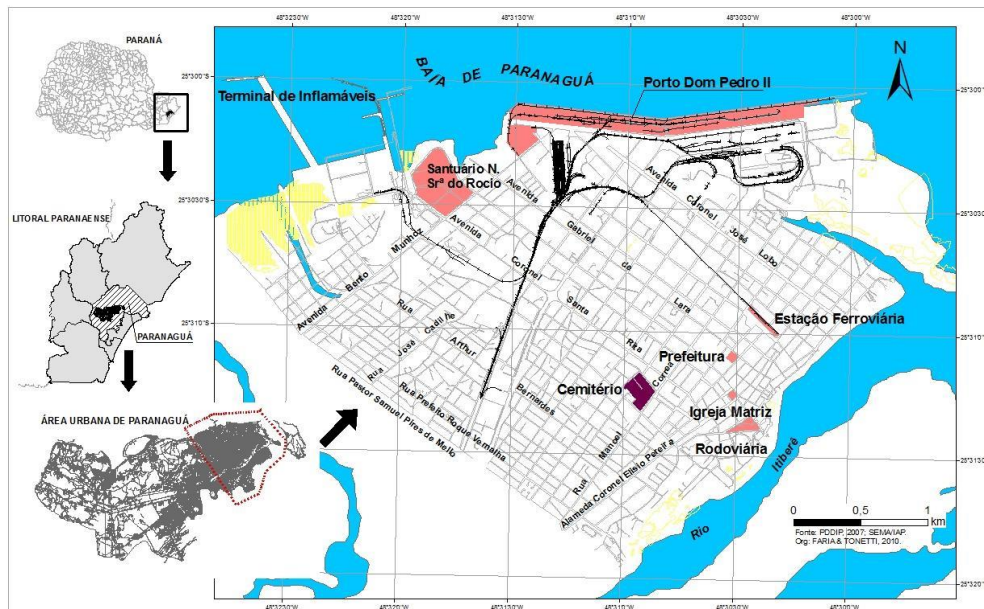
A divisão em grupos também significa uma gradação de risco, onde os gases do grupo A são os de maior efeito destruidor e os gases do grupo D os de menor efeito destruidor. A sequência de risco é, do maior para o menor grau A → B → C → D.

Delimitação da área de estudo

O estudo foi realizado na parte central da área urbana do Município de Paranaguá, no litoral do Estado do Paraná (Figura 3). A área abrange grande parte do centro urbano consolidado do Município de Paranaguá (Figura 3) que inclui a Zona de Interesse Portuário (ZIP), a Zona de Requalificação Urbana (ZRU) e a Zona de Proteção ao Santuário do Rocío (ZPSR).

A área total do município é de 826,65 km², sua área urbana é de 95,15 km² e o local de estudo possui 11,64 km². Essa é a área mais densamente habitada e edificada do município. (TONETTI, 2011, p. 165).

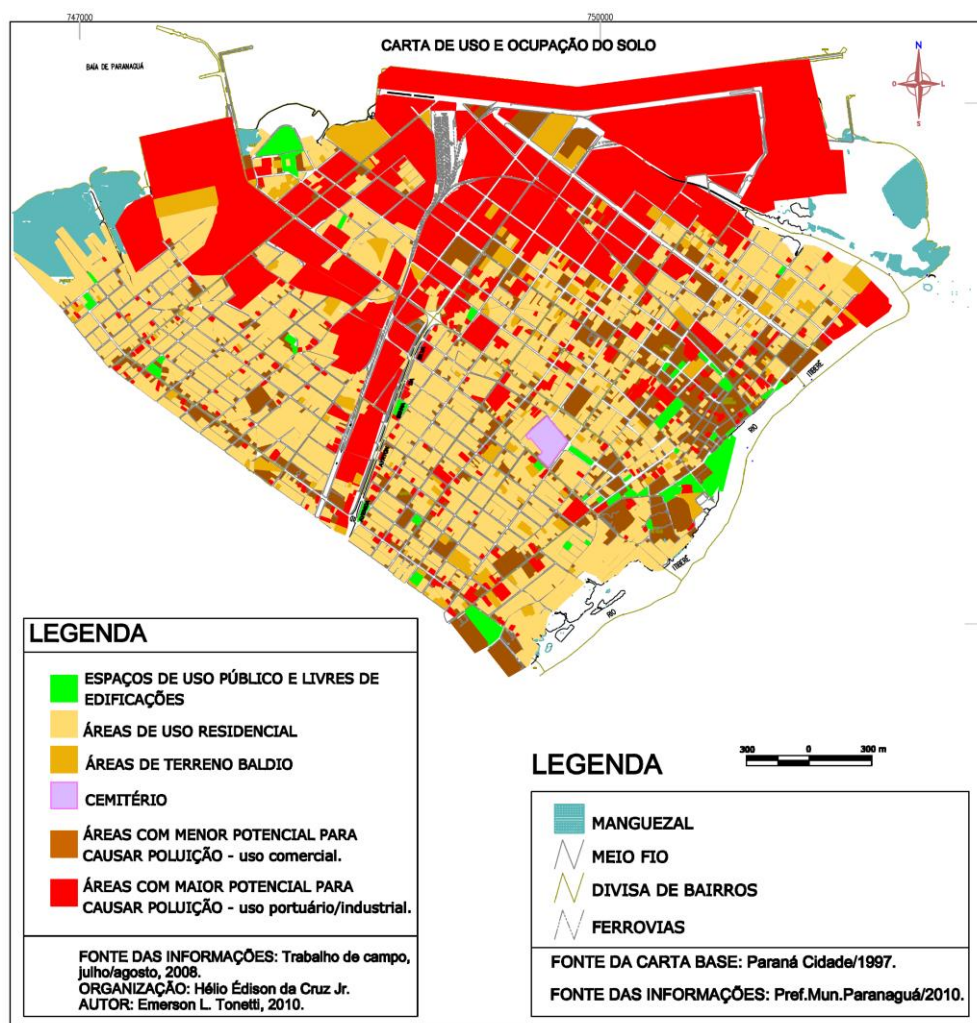
Figura 3: Localização da área de estudo.



Fonte: Tonetti (2011, p. 130).

Nesta área estão distribuídas as atividades com maior potencial poluidor, determinadas por Tonetti (2011) a partir da metodologia desenvolvida por Nucci (2008) e apresentadas na Figura 4, em função das inúmeras potenciais consequências, que os usos como armazéns, indústrias, postos de gasolina, empresas de manutenção de equipamentos portuários, dentre outros, podem acarretar ao ambiente urbano.

Figura 4: Carta de uso e ocupação do solo do local de estudo com a distribuição dos usos potencialmente causadores de poluição.



Fonte: Tonetti (2011, p. 155).

Procedimentos para a avaliação dos riscos de incêndio e explosão

A partir da Figura 4, onde estão evidenciados os usos de maior potencial poluidor, foram levantados os locais com risco de incêndio e explosão. Este levantamento em campo foi realizado entre março e maio de 2016 e os dados coletados foram representados na escala 1:5000, considerando-se apenas o que pode ser visto da calçada, ou seja, a verificação interna dos locais não foi realizada, conforme procedimento descrito por Nucci (2008). Como forma complementar, foi também utilizado o software gratuito *Google Earth*, para verificação de alguns lotes, quando a verificação *in loco* não foi possível.

Para identificação e avaliação do risco de incêndio e explosão nas áreas de maior potencial poluidor, foi utilizado um *Check list* como mostrado no Quadro 3, baseado nos grupos de substâncias

inflamáveis (Quadro 2), de forma que fosse possível a avaliação externa visual dos ambientes e empreendimentos.

Quadro 3: *Check list* de avaliação dos riscos de incêndio e explosão

CHECK LIST DE AVALIAÇÃO DOS RISCOS DE INCÊNDIO E EXPLOSÃO	
Empreendimento	
Localização	
Questão	Resposta
O empreendimento se enquadra em algum grupo do Quadro 2? Qual?	
Há residências próximas do empreendimento?	
O empreendimento tem escala piloto ou industrial?	

Fonte: Os autores.

O *check list* usado como apoio para a execução prática do trabalho foi criado de forma sintética para conter apenas informações relevantes e que não exigisse muito tempo no preenchimento, devido a grande quantidade de empreendimentos analisados. Caso houvesse dúvida no preenchimento, em casos excepcionais, o empreendimento foi contatado via *website* ou telefone para esclarecimento sobre o tipo de produto produzido ou movimentado. A localização foi determinada através de numeração e a escala do empreendimento foi definida de acordo com a distância visual, proporcional ao tamanho da quadra, ou seja, se o empreendimento ocupava até metade da quadra, era definido como escala piloto; sendo maior que metade da quadra, era definido como escala industrial.

Os dados obtidos conforme o Quadro 3 foram georeferenciados no software AutoCAD, e representados em uma carta na escala de 1:15000 para a análise dos resultados em gabinete.

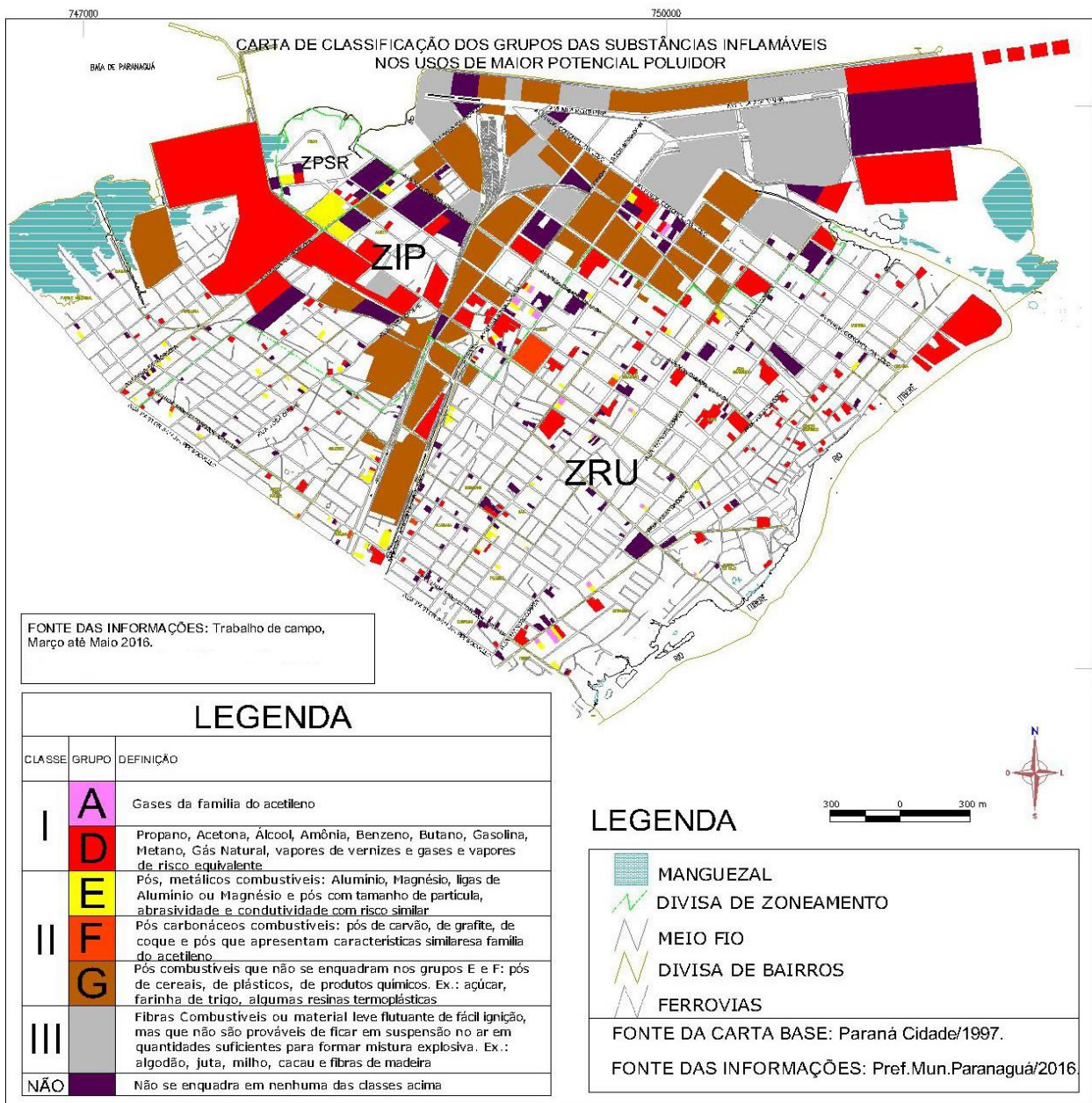
Resultados e discussão

Através do estudo realizado foi possível notar que os principais componentes movimentados nos terminais em Paranaguá são grãos e farelos, fertilizantes, líquidos inflamáveis e contêineres.

O risco de geração de incêndio e explosão está presente na movimentação de três dos quatro componentes movimentados, excetuando-se apenas pelos contêineres.

A análise realizada a partir dos 381 usos de maior potencial poluidor foi sintetizada em uma representação cartográfica de áreas classificadas por gradação de risco conforme substância inflamável movimentada, dispostas por classes e grupos considerando o efeito destruidor da substância, mostrada na Figura 5.

Figura 5: Carta de classificação dos grupos das substâncias inflamáveis nos usos de maior potencial poluidor.



Fonte: trabalho de campo. Organização: os autores.

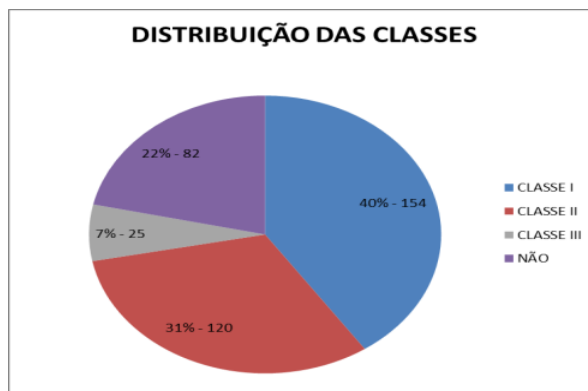
As informações obtidas por meio dos *check lists* (Quadro 3) preenchidos foram sintetizadas em planilhas eletrônicas, as quais podem ser visualizadas através das Figuras 6 a 10.

A Figura 6 apresenta a distribuição das classes I, II e III, das substâncias inflamáveis, conforme Quadro 2, na região de Paranaguá estudada.

Podemos observar que a classe I, além de predominar com 40% da representação gráfica, apresenta o grau de risco mais elevado em relação às demais classes, fator este que implica em um

alto potencial risco de incêndio e explosão em todas as áreas vermelhas e rosas na carta de distribuição de risco (Figura 5). Esta classe foi dividida em grupos A, B, C e D conforme grau de risco, o qual será descrito posteriormente.

Figura 6: Distribuição das Classes das substâncias inflamáveis na região de Paranaguá estudada.



Fonte: Os autores.

A classe II tem uma menor porcentagem que a classe I em relação à distribuição, mas não menos importante, pois o grau de risco também existe em tais atividades, indicando um médio potencial de risco de incêndio e explosão em todas as áreas amarelas, laranjas e marrons da carta, como mostrado na Figura 6. Esta classe foi dividida em grupos E, F e G conforme grau de risco, o qual será descrito posteriormente.

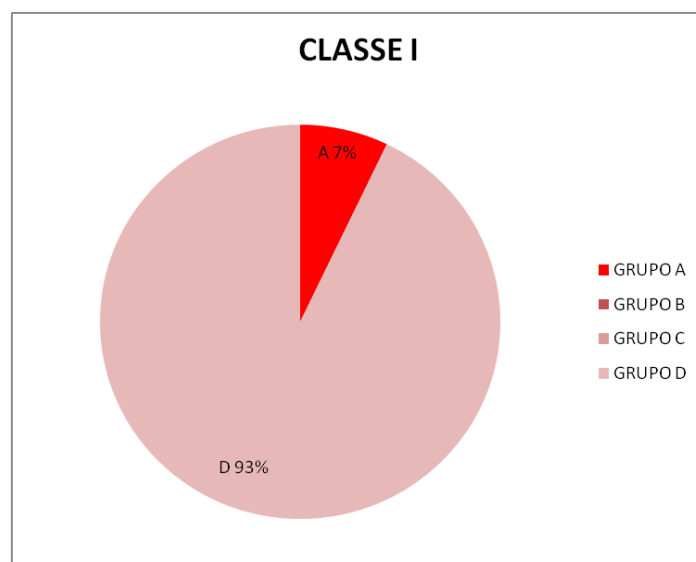
A classe III, representada pelas fibras combustíveis tais como algodão, milho e soja, com apenas 7% de participação no gráfico, que são encontradas em armazéns de produtos alimentícios, os terminais ou nos berços de atracação onde ocorre a movimentação de tais componentes. O risco de explosão e incêndio apresentado nas áreas em cinza da carta (Figura 5) existe devido à enorme nuvem de poeira gerada na descarga dos caminhões destas fibras e à movimentação dos produtos em correias e armazéns, onde são criadas condições propícias para uma explosão - atmosfera explosiva. Ou seja, uma superfície de grãos quando aquecida até o ponto de liberação de gases de combustão, com auxílio de uma fonte de ignição e baixa umidade relativa do ar, possivelmente acarretará um incêndio.

A representação gráfica em roxo na carta (Figura 5) descrita como "não" se representa os componentes não classificados conforme o Quadro 2, ou seja, não há movimentação de gases, vapores, poeiras e fibras inflamáveis que indiquem o risco de incêndio e explosão, tais como escritórios, hospitais, armazenamento de contêineres, movimentação de cargas congeladas, armazéns inativos, entre outros.

A representação gráfica dos grupos dentro da classe I está apresentada na Figura 7.

Os grupos estão em ordem de grau destruidor, sendo A o maior e D o menor. Os grupos B e C, que incluem o óxido de etileno, etileno, butadieno, hidrogênio, éter etílico, eteno, ciclopropano e gases ou vapores de risco equivalente não foram identificados na área de estudo. O grupo A (11 usos), representando os gases da família do acetileno foi identificado em sua maioria nas funilarias e oficinas de carros, as quais utilizam tal gás para fabricação de soldas e outros reparos. O grupo D, em um total de 143 usos, representado pelos compostos propano, acetona, álcool, gasolina e outros equivalentes, foi identificado na maioria dos usos em que os veículos estão presentes tais como estacionamentos de veículos de grande e pequeno portes, rodoviária, transporte de combustíveis inflamáveis através de terminais, postos de combustíveis, locação de máquinas industriais (tratores e guindastes) e marinas; além de terminais de movimentação de graneis líquidos inflamáveis, píeres de graneis inflamáveis e também supermercados, bares e distribuidora de bebidas.

Figura 7: Distribuição dos grupos da Classe I na região de Paranaguá estudada.



Fonte: Os autores.

A representação gráfica dos grupos dentro da classe II está apresentada na Figura 8.

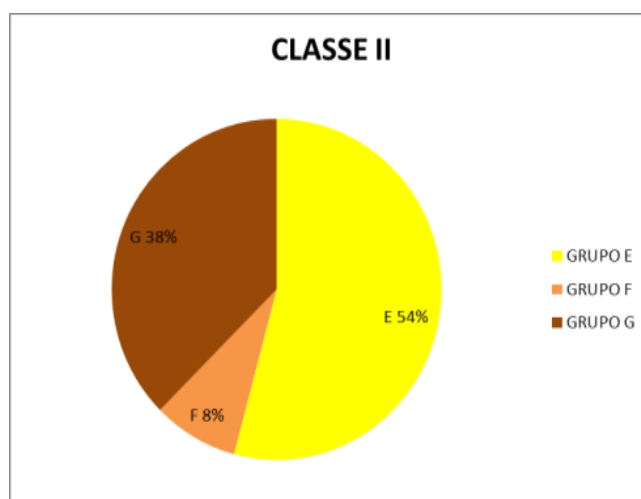
Os grupos estão em ordem de grau destruidor, sendo E o maior e G o menor. O grupo E, representando 54% do gráfico, representa os pós metálicos combustíveis tais como alumínio e magnésio e outros com risco similar. As atividades relacionadas às substâncias pertencentes a este grupo, em sua maior parte são utilizadas em funilarias e oficinas de carros, as quais usam estes componentes para produção de soldas e outros reparos. Este grupo esteve quase sempre atrelado ao

grupo A da classe I, devido a atividade de solda utilizar as substâncias inflamáveis distribuídas nas duas classes.

O grupo F, o qual inclui os pós carbonáceos combustíveis tais como carvão e grafite, com menor participação da classe II, foi representado pelas obras e borracharias.

No grupo G, que abrange os pós combustíveis que não se enquadram nos grupos E e F, tais como pós de cereais, de plásticos e produtos químicos, foram classificados os armazéns e berços de movimentação de açúcar, sal, fertilizantes e cargas em geral, representando 38% dos usos abordados na classe. Este grupo está praticamente todo relacionado às atividades portuárias, envolvendo grandes movimentações de tais substâncias inflamáveis, incluindo grandes armazéns, correias e descargas através de caminhões, o que em baixa umidade relativa do ar, gera uma atmosfera explosiva e com auxílio de uma fonte de ignição, pode dar início a incêndios e explosões de grandes proporções.

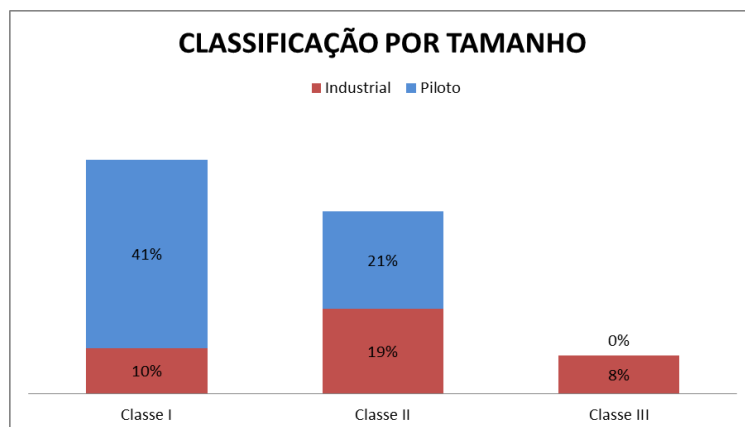
Figura 8: Distribuição dos grupos da classe II na região de Paranaguá estudada.



Fonte: Os autores.

A Figura 9 representa a classificação geral de todos os empreendimentos dentro das classes I, II e III abordados no estudo, conforme tamanho, definido como piloto ou industrial, sendo industrial maior do que meia quadra observada, e piloto menor que meia quadra. Dentro dos 299 usos avaliados, 109 foram classificados como industriais/portu e 190 como piloto. A representação percentual dos usos conforme classe é apresentada no gráfico, onde é possível notar que a classe I abrange mais da metade dos usos estudados (154), sendo a classe II uma boa parte do restante (120) e ficando a classe III com apenas 8% (25) do total.

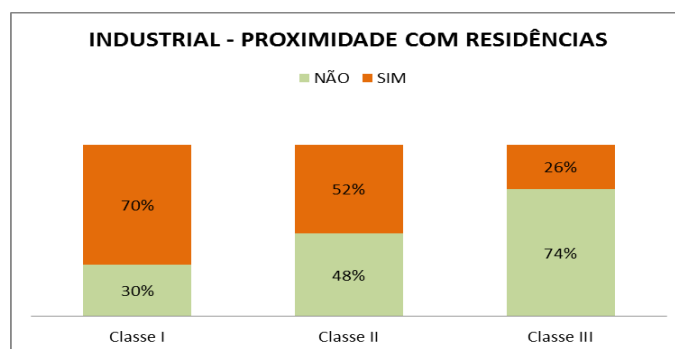
Figura 9: Classificação dos usos por tamanho.



Fonte: Os autores.

A Figura 10 representa a classificação geral de todos os empreendimentos individualmente dentro das classes I, II e III abordados no estudo, conforme proximidade com as residências, sendo classificada como “sim” quando foi possível visualizar residências durante a avaliação de cada uso e “não” quando não foram verificadas residências próximas ao uso.




Figura 10: Classificação dos usos por proximidade com residências.



Fonte: Os autores.

Analisando os dados percentuais do gráfico, verifica-se que quanto menor a classe, maior o número de residências próximas ao uso, indicando um risco alto de incêndio e explosão à população local. Tais ocorrências podem ser evidenciadas através do Quadro 4 mostrado abaixo e contextualizado pela Figura 4 e observações do trabalho de campo, onde foram indicadas algumas das possíveis consequências geradas caso ocorra algum desastre como uma explosão ou incêndio.

Quadro 4: Indicação de atividades Classes I, II e III nas proximidades de residências.

Região	Classe	Potenciais consequências
 Segmento da Av. Bento Rocha, próximo a Escola Municipal Rodolfo Arzua.	I	Intoxicação da população adjacente, lesões, perda de vidas humanas e bens materiais; o efeito é maior que outras classes, pois os líquidos inflamáveis podem vaporizar e expandirem-se facilmente, ampliando os efeitos dos riscos observados.
 Segmento entre as Av. Ayrton Senna da Silva e Tufi Marrom e as Ruas Alípio dos Santos e Ildelfonso Munhoz da Rocha.	II	Intoxicação da população adjacente, lesões, perda de vidas humanas e bens materiais; a facilidade da combustão será tanto maior quanto mais finamente dividida estiver a substância.
 Segmento entre as Av. Gabriel de Lara, Gov. Manoel Ribas, Bento Rocha e rua Manoel Ribas.	III	Intoxicação da população adjacente, lesões, perda de vidas humanas e bens materiais; a facilidade da combustão será tanto maior quanto mais finamente dividida estiver a substância.

Fonte: Os autores.

Através da carta (Figura 5) e do Quadro 4, pôde-se perceber a incompatibilidade dos usos industrial/portuário e residencial, sendo que o uso industrial/portuário que está próximo ao uso residencial atinge 56 empreendimentos das áreas estudadas, sendo um número preocupante, devido ao alto risco de incêndio e explosão em que a população está exposta.

Utilizando a densidade demográfica de 169,92 hab/km² (IBGE, 2010) do município de Paranaguá, estima-se que aproximadamente 9.516 habitantes estejam expostos aos riscos citados, supondo que cada área classificada tenha um quilômetro quadrado de residências próximas.

Extendendo a estimativa para cada classe, temos o Quadro 6 abaixo com os valores para cada classe e o motivo do risco pelos quais estão expostos os habitantes da região.

Quadro 5: Estimativa de habitantes expostos por classe

Classe	Estimativa de habitantes expostos	Motivo do risco
I	3.568	Pier de inflamáveis, tanques para armazenamento e movimentação de grânéis líquidos inflamáveis, tais como etanol, gasolina, metano, gás natural e substâncias de risco equivalente.
II	4.928	armazéns e berços de movimentação de açúcar, sal, fertilizantes e cargas em geral.
III	1.020	movimentação de grânéis sólidos tais como soja, farelo de soja, milho e farinhas em geral através de armazéns e berços de atracação.
Todas	9.516	Qualquer tipo de substância inflamável classificada.

Fonte: os autores.

Considerações Finais

O estudo feito a partir dos usos de maior potencial poluidor apresentou a presença de usos residenciais muito próximos aos usos industriais/portuários que são as fontes geradoras dos riscos de incêndio e explosão conforme a classe de cada substância movimentada em tais usos. Os resultados mostram que quanto maior o efeito destruidor da classe de substância, também é maior o uso residencial próximo, aumentando o risco que a população está exposta.

É possível evidenciar através da representação cartográfica a incompatibilidade dos usos residenciais e industriais/portuários e concentração destes perante as áreas próximas ao Porto D. Pedro II, demonstrando a exposição do risco não só frente a população local mas também frente aos demais usos industriais/portuários, sendo necessário um estudo maior de potencialização do risco e cálculo da capacidade da multiplicação e alcance de uma explosão, levando em consideração o limite de explosividade de cada substância movimentada, a proximidade dos usos e diversidade de classes entre tais empreendimentos.

Uma solução encontrada para minimizar o risco à população local seria a remoção desta para locais de apenas uso residencial, tais como as demais áreas não sinalizadas da carta.

Analisando o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado de Paranaguá (PARANAGUÁ, 2007), verifica-se no artigo 38, parágrafo primeiro, inciso II que a Macrozona Urbana (corresponde à porção já urbanizada e/ou passível de urbanização do território) tem o objetivo de possibilitar a instalação de uso múltiplo no território do Município e de atividades de caráter urbano e portuário, desde que atendidos os requisitos de instalação, porém o mesmo Plano descreve que, no artigo 27, inciso II sobre a Política Municipal de Habitação, a qual possui a diretriz de remover unidades residenciais dos núcleos habitacionais que estejam em condições de risco, tanto para a população quanto para o meio, garantindo a realocação em melhores condições de habitabilidade e a recuperação ambiental da área.

Através do estudo realizado, percebe-se que o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado de Paranaguá não está sendo executado em sua totalidade, e que medidas mais rígidas devem ser tomadas, como por exemplo estabelecer uma distância mínima de áreas residenciais para instalação de novos empreendimentos (classificados), anulando os riscos aos quais a população estará exposta e refazer um estudo sobre a Macrozona Urbana, definindo diferentes zonas para usos residenciais e industriais/portuários, garantindo qualidade do ambiente urbano adequados à vida dos cidadãos.

Referências

- American Institute of Chemical Engineers. Center Chemical Process Safety. *Guidelines for evaluating process plant buildings for external explosions and fires..* New York. p 71 a 93. 2012.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cidades, Paranaguá, 2010.* Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=411820>. Acesso em: 09 março 2016.
- KOBIYAMA, M. et al. *Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos.* Curitiba: Organic Trading, 2006. 109 p.
- LAPA, R. P. *Metodologia de construção de sistemas de gerenciamentos de riscos ocupacionais.* 90f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.
- MARCELINO, E. V. *Desastres Naturais e Geotecnologias: conceitos Básicos.* Santa Maria: CRS/INPE, 2008. 38p.
- MENDES, P. *Atmosferas explosivas - risco de explosão.* Revista Keramica. n. 264, 2004. Disponível em: <http://www.factor-segur.pt/wp-content/uploads/2014/11/Atmosferas-explosivas.pdf> . Acesso em: 11 março 2016.
- NUCCI, J.C. *Qualidade Ambiental e Adensamento Urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP).* Curitiba: Edição do autor (ISBN 978-85-908251-0-4), 2008 (2ª ed.). 142p. Disponível em www.geografia.ufpr.br/laboratorios/labs/?pg=publicacoes-php . Acesso em 22 março 2016.
- PARANAGUÁ. Prefeitura Municipal de Paranaguá. *Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (Volumes I a VI).* 2007.

RANGEL JUNIOR, E. *Os pós: Lobo em pele de Cordeiro*. Atmosfera Explosiva - Parte 1. O Setor Elétrico, 2008. Disponível em: <http://www.osetoreletrico.com.br/web/component/content/article/57-artigos-e-materias/845-riscos-de-explosao-nas-redes-subterraneas.html> . p 64. Acesso em: 11 março 2016.

SÁ, A. de. *Efeito Devastador*. Revista Proteção. São Paulo, n.181, jan 2007, p. 63.

TEIXEIRA, P. R. F. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, 2006. *Áreas Classificadas - Instrumentista Reparador*. Disponível em: <http://paginapessoal.utfpr.edu.br/camaral/instrumentacaoindustrial/15%20%20Apostila%20areas%20classificadas%20-%20instrumentista%20reparador.pdf/view> Acesso em: 13 março 2016.

TONETTI, E. L.; SCHRÖDER, P. H.; NUCCI, J.C. *Risco de explosão: mistura de usos incompatíveis na área urbana de Paranaguá-PR*. In: ROSIN, T. A.; ROSIN, T. A. (Orgs). *Riscos e vulnerabilidades ambientais*. Tupã: ANAP, 2015. p. 119 – 137.

TONETTI, E. L. *Potencialidades de adensamento populacional por verticalização das edificações e qualidade ambiental urbana no município de Paranaguá, Paraná, Brasil*. 235f. Tese (Doutorado) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2011. Disponível em http://200.17.203.155/index.php?codigo_sophia=285569 Acesso em 12 abril 2011.

TORRISI, D.; PAULA, E. V. *Análise crítica dos instrumentos de planejamentos vigentes em Paranaguá: a partir de uma perspectiva de redução do risco de desastres*. In: XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina, Piauí, 2015, p. 57 a 64.

(Recebido em 20-05-2017; Aceito em 09-12-2017)