

Modelação estatística dos índices de sinistralidade, aplicados ao setor da construção

Paulo A. Alves Oliveira ^{a)}, J. Santos Baptista ^{b)} e Vasco Carvalho ^{c)}

^{a)} Investigador convidado / Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - FEUP, Porto, Portugal, E-mail: 74paulo.oliveira@gmail.com.

^{b)} Centro de Investigação em Geoambiente e Recursos - CIGAR / Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - FEUP, Porto, Portugal, E-mail: jsbap@fe.up.pt.

^{c)} VMN - Consultadoria e Assessoria em Tecnologias de Informação, Lda, Porto, Portugal, E-mail: vasco@vmn.pt.

Resumo: Face ao quadro problemático das estatísticas de sinistralidade e considerando a Segurança na construção uma missão vital e de primordial significado para a sociedade, pretendeu-se com o presente estudo desenvolver modelos matemáticos, com capacidade explicativa do comportamento dos índices de sinistralidade em função de variáveis setoriais e globais como a taxa de desemprego e a taxa de crescimento do PIB de Portugal. Foram utilizados dados oficiais relativos a uma amostra de conveniência composta por 58 empresas do setor da construção, referente ao período de 6 anos. Foi efetuado o tratamento estatístico dos dados e desenhados modelos com base em regressões lineares. No final, dois dos modelos desenvolvidos apresentaram capacidade explicativa. Sendo que nestes aparecem como variáveis relevantes, a taxa de desemprego e os custos de formação por trabalhador. Apesar da capacidade explicativa dos modelos e da possibilidade da sua utilização pelas empresas do setor, como ferramenta potenciadora da Prevenção dos acidentes ocupacionais, é ainda questionada a eventual falta de consistência dos dados e a qualidade da formação ministrada nas empresas.

Palavras-chave: Construção, Prevenção, Sinistralidade, Investimento.

Statistical modelling for accident indexes applied to the construction sector

Abstract: Given the problematic picture of work accident statistics and considering the Construction Safety a vital mission and of prime significance to society in general, it was intended with this study to develop a mathematical model capable of explaining the behavior of a given variable as a function of several variables and market sector. Predicting what your loss ratio is allows the possibility of a timely and effective planning of investment in prevention and occupational health and safety in the workplace.

To this purpose, we included exogenous variables, such as the unemployment rate and the growth rate of GDP of Portugal. These models serve as statistical forecasting models, since the coefficients of the independent variables are significant. Linear regressions were used due to the lack of temporal data other types of regression are difficult to prove solid. Still managed to get three multiple linear regression models partially significant, a simple linear regression model was statistically significant and a multiple linear regression model was statistically significant. Thus, the final result of this study allowed finding that only two models have demonstrated the good predictive capability and reliability for future use. In these, appear as relevant variables the unemployment rate and the cost of formation per employee. These models can be used by companies in the industry, such as tools to enhance Prevention of occupational accidents.

Keywords: Construction, Prevention, Accidents, Investment.

1. Introdução

A segurança no setor da construção é um problema global para a humanidade (Zhang 2012). Os seus locais de trabalho apresentam elevadas taxas de sinistralidade (Carbonari 2011). Por todo o mundo, a construção tem um conjunto de características de natureza muito específicas e ímpares que estão associadas a uma forte precariedade e rotatividade laboral, acrescida da prática generalizada de subcontratação que potenciam o risco de acidente e custos associados (Oliveira et al. 2011).

Em paralelo com a agricultura e os transportes, a Comissão Europeia posiciona a construção no grupo dos setores mais preocupantes quanto às estatísticas de sinistralidade (Godefroy 2007). Também o Observatório Europeu dos Riscos (OER, 2009) considerou que a taxa de acidentes é especialmente elevada neste setor, onde o risco de acidente de trabalho é quase o dobro do risco médio dos restantes setores de atividade económica (OER 2009). No mesmo ano, num estudo efetuado nos Estados Unidos da América (USA) cerca de 19% do total de acidentes de trabalho mortais ocorreram na construção (Zhao 2012). Em Portugal, os acidentes de trabalho neste setor continuam a ser uma realidade preocupante, sendo a maioria deles resultantes de quedas em altura e atropelamentos (Palhinha 2010). Segundo dados estatísticos do Gabinete de Estratégia e Planeamento (GEP), entre 1999 e 2007 a média anual de acidentes de trabalho no setor da construção foi de, aproximadamente, 50.000 acidentes, o que evidencia a gravidade do problema (Oliveira 2011). A taxa e as causas destes acidentes devem, portanto, ser cuidadosamente estudadas e detalhadas, a fim de se projetar e implementar programas de prevenção eficazes (Macedo 2005).

Os acidentes de trabalho na construção estão na origem de muitas tragédias humanas e também se traduzem em elevados custos para o sistema social de um país. Além disso, provocam desmotivação nos trabalhadores, interrompem o processo construtivo, afetam de forma adversa a produtividade, a competitividade e a reputação desta indústria. Em suma, contribuem para o atraso do progresso da sociedade em geral (Kartman 1997; Macedo 2005).

Numa reflexão sobre esta problemática, já em 2001, Hespanha refere a existência de um novo paradigma do conceito trabalho. Este resultaria do aumento da competitividade, da produtividade e da lucratividade, à custa do fator social. Esta deriva das características de funcionalidade do mercado económico globalizado, associado à utilização de novas tecnologias, novas formas de trabalho e de produção, apresentam, inequivocamente, implicações sobre a mão-de-obra, as quais potenciam o agravamento da sinistralidade (Hespanha 2001), ao qual o setor da construção não está imune.

No entanto, pela sua natureza, os custos provenientes dos acidentes de trabalho não têm valor acrescentado. Pelo contrário, produzem um impacto negativo no valor criado (riqueza), quer nas empresas quer na sociedade, traduzindo-se por um consumo adicional de recursos que se tornam indisponíveis para investimentos produtivos futuros (Rikhardsson 2003). Este autor ressalva os dados da Agência Europeia para a Segurança e Saúde do Trabalho (AESST), a qual estima que, anualmente, na UE, os acidentes de trabalho originam 146 milhões de horas perdidas, que representam uma perda no Produto Interno Bruto (PIB) Europeu entre 2,6% e 3,8% (Rikhardsson 2003). No mesmo sentido, um estudo desenvolvido por Oliveira (2011) para o setor da construção, a partir de dados recolhidos entre 2002 e 2007, aponta para uma perda média anual de riqueza de 1,58% do PIB português apenas devido aos acidentes de trabalho não mortais.

No entanto, é possível contrariar estes números, se se promover o envolvimento de todos os intervenientes no setor da construção no cumprimento efetivo das regras (empregadores, trabalhadores, estado e sindicatos) numa “cultura intrínseca de Prevenção”, que se torne parte integrante do processo produtivo com responsabilidade partilhada perante o risco. Para tal é primordial que a gestão de topo tenha uma perceção clara da relevância que os acidentes de trabalho têm para a “Saúde” económica e financeira da empresa, a par com a respetiva responsabilidade social (Oliveira 2011). Com esta problemática identificada, a fase seguinte é a da criação de soluções que assegurem sustentabilidade na redução e minimização, em termos qualitativos e quantitativos dos efeitos nocivos dos acidentes de trabalho.

Na tentativa de corresponder a esta necessidade, diversos especialistas e investigadores têm dedicado a sua atenção ao estudo da sinistralidade laboral no setor da construção, tanto no âmbito nacional como internacional. Nesse contexto, Huang (2011) desenvolveu um modelo baseado na teoria de Cinza-Markov que permite, de forma precisa e confiável, prever os acidentes de construção. No mesmo ano, Pires (2011) apresenta uma análise sobre os acidentes mortais no setor da construção em Portugal que permite conhecer melhor a sinistralidade fatal no setor e a adoção de medidas e procedimentos que diminuam o número deste tipo de acidentes.

Em paralelo com a tentativa de compreender e prever a ocorrência de acidentes, outros autores procuram desenvolver sistemas de apoio à gestão da Prevenção, Segurança e Saúde do Trabalho (SST) na tomada de medidas e decisões. Estão nessa linha autores como Miyamoto que apresenta em, 2006 um modelo para a gestão da SST na construção de pontes e viadutos. A finalidade do método é melhorar o sistema de controlo da SST incorporando os fatores que potenciam os acidentes, gerando como resultado um valor numérico que é utilizado para determinar a probabilidade de ocorrência de acidentes com imagens 3D (Miyamoto, 2006). Na mesma linha, Mikkelsen (2010) desenvolveu e apresentou a metodologia “Local de Trabalho Seguro” aplicável à construção finlandesa. Esta permite avaliar os padrões de segurança física de forma pró-ativa em locais de trabalho na indústria da construção, associando estatisticamente o nível de risco medido pela metodologia, ao risco de lesão que é detetada nas visitas efetuadas ao posto e local de trabalho, quer seja ao nível individual como coletivo. A importância desta problemática tem inspirado outros autores e mais recentemente, Zhang (2012) que propõe um modelo (*Build information modeling (BIM) and safety*) que permite, analisar o empreendimento a construir, detetando e sugerindo medidas preventivas contra o risco de queda em altura para os trabalhadores envolvidos na sua construção (Zhang 2012).

Com o presente trabalho pretende-se contribuir para a diminuição do problema da sinistralidade, através da apresentação de modelos previsionais explicativos da evolução tendencial do comportamento dos índices de sinistralidade no setor da construção e integráveis em sistemas de gestão existentes. Espera-se que estes constituam uma ferramenta de promoção proactiva das medidas de Prevenção a implementar nos estaleiros centrais e móveis temporários das empresas deste setor.

2. Material e métodos

2.1 Metodologia geral

Foi efetuado um estudo longitudinal e transversal que teve como base uma amostra setorial de conveniência referente a um período temporal compreendido entre 2002 e 2007. A amostra foi constituída por todos os membros da Associação Nacional de Empreiteiros de Obras Públicas (ANEOP), integrada na Federação Portuguesa da Indústria da Construção e Obras Públicas (FEPICOP). Os dados foram complementados por outros do Gabinete de Estratégia e Planeamento (GEP).

As variáveis recolhidas foram de índole socioeconómica e financeira. A recolha foi efetuada diretamente nos questionários oficiais (Balanço social; quadro de pessoal e volume anual de negócios) preenchido por todas as empresas que constituem a referida associação.

O trabalho está suportado em cinco fases que foram repetidas num ciclo de aproximações sucessivas até à obtenção dos resultados apresentados no ponto 3 deste trabalho.

Fase I: Planeamento global do trabalho com a definição do âmbito, objetivos e metodologia para os alcançar;

Fase II: Definição das variáveis e indicadores estatísticos relevantes, potencialmente conducentes à concretização dos objetivos do estudo, com base nos questionários;

Fase III: A recolha dos dados relativos às variáveis definidas para caracterização da amostra e subsequente estudo exploratório, foi efetuada diretamente nos questionários oficiais e no GEP;

Fase IV: Tratamento e análise dos dados, com o desenvolvimento de modelos matemáticos com fiabilidade estatística, a partir das variáveis definidas;

Fase V: Ensaio e validação dos modelos obtidos, com a aplicação posterior a dados reais.

No decorrer deste estudo, o défice generalizado de registos relacionados com acidentes de trabalho com o pormenor adequado, no sistema de recolha oficial, constituiu uma das maiores dificuldades.

2.2. Questionário

A informação foi recolhida através do *Modelo n.º 1218 (Imprensa Nacional – Casa da Moeda, S.A.; Lei n.º 141/85 de 14 de Novembro e Decreto-Lei n.º 9/92 de 22 de Janeiro)*, e tratada estatisticamente. O questionário está dividido em seis secções que abrangem: (0) Informação Geral sobre a Organização Empresarial, (1) Condições de Empregabilidade, (2) Custos com Pessoal, (3) Higiene e Segurança do Trabalho, (4) Formação Profissional e (5) Proteção Social Complementar.

2.3. Caracterização geral da amostra

A amostra foi constituída por 58 empresas do setor da Construção Civil e Obras Públicas pertencentes a ANEOP. Estão subdivididas em quatro grupos de acordo com o número total de trabalhadores, da seguinte forma: Grupo A, superior a 1000 trabalhadores; Grupo B, entre 501 e 1000 trabalhadores; Grupo C, entre 101 e 500

trabalhadores e Grupo D, inferior a 100 trabalhadores. As empresas estão integradas em cada um destes grupos, de acordo com o número médio de trabalhadores durante o período em estudo.

Ao nível de âmbito geográfico a amostra abrange o território de Portugal continental, e corresponde a um valor médio anual de 21.190 trabalhadores, aproximadamente 10% da empregabilidade setorial a nível nacional para o setor durante o período de referência para este trabalho.

O âmbito setorial é referente às atividades da secção e subsecção F da CAE Revisão 3, designadamente do setor da Construção Civil e Obras Públicas.

2.4. Metodologia de tratamento e análise dos dados

Os dados recolhidos incluem investimentos em formação, assiduidade, número de trabalhadores da empresa, número de ações de formação por trabalhador, taxas de participação nas ações de formação, custos das ações de formação por trabalhador e por participação, percentagem de trabalhadores abrangidos pelas ações de formação em relação ao total, exames médicos por 100 trabalhadores, horas de formação e índices de sinistralidade, entre outros.

Os elementos recolhidos foram tratados com o programa informático SPSS 17.0. Em todos os testes efetuados foi utilizado o nível de confiança de 95%. O valor de prova foi $p > 0,05$, implicando, no caso de valor inferior, a rejeição da hipótese.

Uma vez que se pretendia prever a evolução dos índices de sinistralidade ao longo do tempo e tendo em consideração que se está perante uma amostra de apenas 6 anos, foi aplicado o teste de *Shapiro–Wilk* para aferir a normalidade dos dados e verificar se o comportamento de cada variável seguia a lei Normal. Em caso afirmativo, era usado o teste t de *Student*. Foram ainda calculadas correlações, que foram testadas a um nível de significância de 0,05.

Para tentar explicar o comportamento dos índices de sinistralidade a partir de modelos previsionais, foram incluídas, para além das variáveis inerentes à amostra, outras exógenas, como a taxa de desemprego e a taxa de variação do PIB português.

No processo de criação dos modelos foram utilizadas regressões lineares, devido à escassez temporal dos dados (6 anos), uma vez que os outros tipos de regressão dificilmente se revelariam sólidos. Seguiu-se a escolha das variáveis. Numa primeira fase apenas com as recolhidas nos inquéritos, depois, por falta de resultados válidos com estas primeiras, foram integradas a taxa de variação do PIB e a taxa de desemprego. A escolha destas variáveis é fundamentada com o facto de o setor da construção ser, acima de tudo, uma atividade económica com um significativo peso no PIB português e na taxa de desemprego. Nestas condições, seria de esperar uma interdependência direta entre o comportamento do PIB e a taxa de desemprego, com a atividade deste setor. Estes serviram como indicador complementar do andamento económico. Foram, assim, desenvolvidos e testados dezenas de modelos. Por fim procedeu-se à validação dos modelos não rejeitados.

3. Resultados e discussão

Os modelos estatísticos podem funcionar como modelos previsionais, desde que os coeficientes das variáveis independentes sejam, estatisticamente significativos. Estes modelos previsionais permitem estimar os valores dos índices de sinistralidade, fornecendo elementos sobre os parâmetros nos quais se deve atuar, no sentido de minimizar o seu valor. Com este conhecimento torna-se possível o planeamento e organização atempada de medidas preventivas mais eficazes, que satisfaçam os Princípios Gerais de Prevenção e a legislação aplicável.

No processo acima descrito foram obtidos três modelos de regressão linear múltipla parcialmente significativas, um modelo de regressão linear simples estatisticamente significativa e um modelo de regressão linear múltipla estatisticamente significativa.

Destes cinco modelos, dois foram rejeitados por apresentarem pelo menos um coeficiente estatisticamente não significativo. Com os restantes três modelos foi efetuada uma tentativa de validação da capacidade previsional, tentando a partir dos modelos recuperar os índices de sinistralidade da ANEOP. Os resultados são apresentados nos gráficos das figuras 1 a 3.

Modelo 1 - Regressão linear múltipla parcialmente significativa

Índice de Gravidade Setorial

Variáveis: Taxa de Desemprego (X1), Taxa de Participação em Ações de Formação (X2) e Horas de Formação (X3):

$$IGravidade(AE) = -1,129X_1 + 0,997X_2 + 0,548X_3$$

Modelo 2 - Regressão linear simples estatisticamente significativa

Índice de Incidência Setorial

Variável: Taxa de Desemprego (X1);

$$IIncidência(AE) = 14,891 - 0,990X_1$$

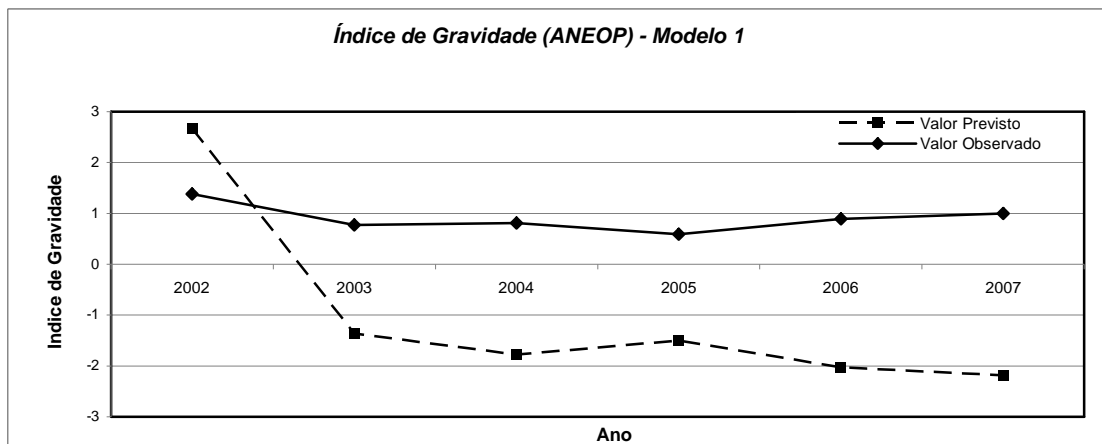
Modelo 3 - Regressão linear múltipla estatisticamente significativa

Índice de Gravidade Setorial

Variáveis: Taxa de Desemprego (X1), Custos de Formação por Trabalhador (X2):

$$IGravidade(AE) = 2,281 - 0,431X_1 + 0,010X_2$$

Figura 1: Comparação dos valores observados e estimados do índice de Gravidade setorial (Modelo n.º 1)



A previsão do *Índice de Gravidade* para a ANEOP através do Modelo 1 revelou-se longe do desejável quer pelo elevado desvio relativamente aos resultados que tentava reproduzir, quer pelo facto de se terem obtido valores negativos para o índice de gravidade (Figura 1), motivos pelos quais o modelo deve ser rejeitado.

Relativamente ao *Índice de Incidência*, Figura 2, a diferença entre os valores previstos e o valor observado é reduzida, sendo, na generalidade dos anos praticamente coincidentes, o que demonstra a boa capacidade de previsão e fiabilidade dos resultados. De referir, no entanto, o facto de este modelo apenas utilizar a taxa de desemprego nacional como variável independente, o que, apesar da validade estatística do modelo e da reprodutibilidade dos resultados, levanta alguns problemas de um ponto de vista concetual uma vez que não utiliza variáveis do sistema (universo ANEOP).

No que concerne aos valores do *índice de Gravidade* previstos pelo modelo 3, também se apresentam muito próximos dos reais. O que significa que este modelo se apresenta como um bom predictor (Figura 3). No entanto, tal como no modelo 2, a principal variável explicativa é exterior ao sistema (taxa de desemprego de Portugal). O peso relativo da variável interna (custos de formação por trabalhador) é relativamente baixo na formação do índice.

Figura 2: Comparação dos valores observados e estimados do índice de Incidência setorial (Modelo n.º 2)

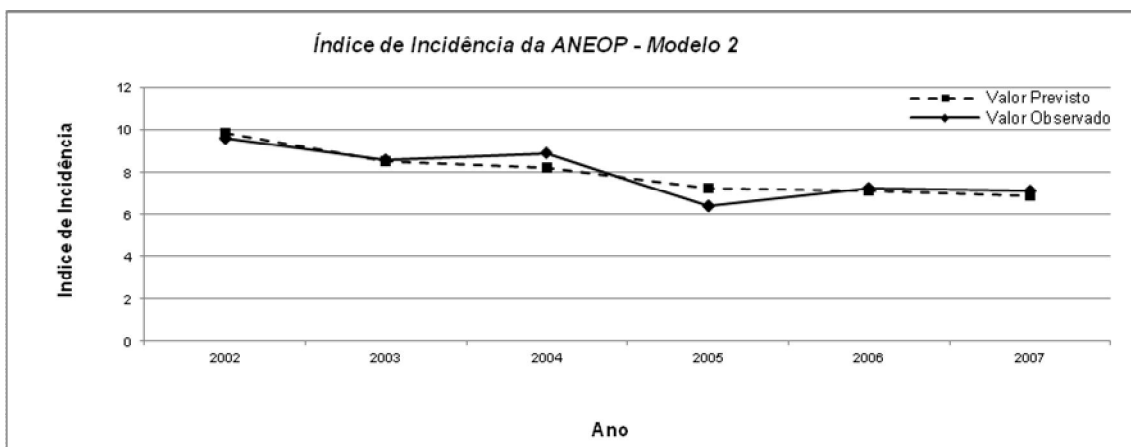
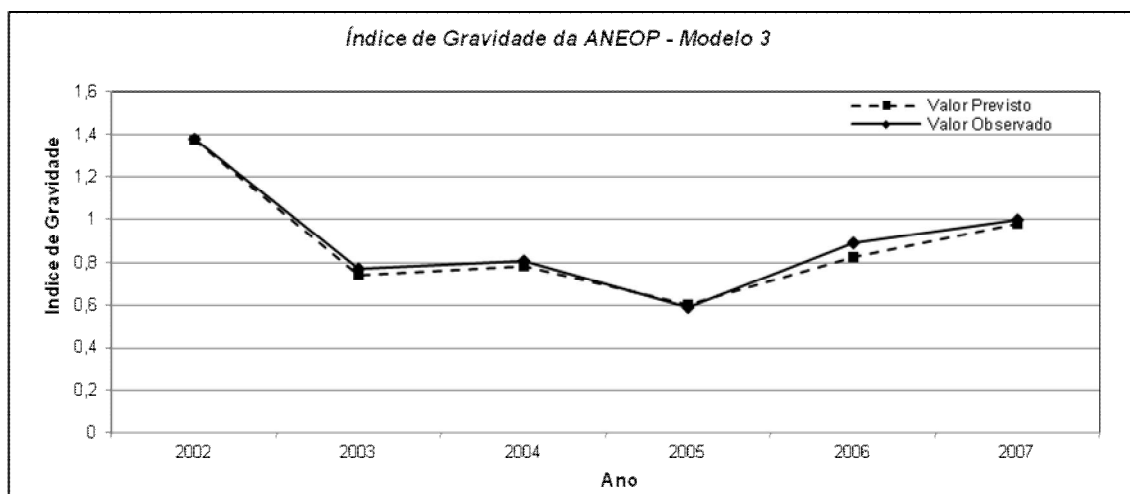


Figura 3: Comparação dos valores observados e estimados do índice de Gravidade setorial (Modelo 3)



4. Conclusões

Pretendia-se com este trabalho desenvolver modelos previsionais para o setor da construção que permitissem, não só, prever a evolução da sinistralidade, como ainda conhecer quais os parâmetros significativos, nos quais se deveria atuar no sentido de controlar a sua evolução. Com esse propósito foram testados um número significativo de modelos dos quais dois se revelaram com capacidade previsional. Os modelos foram desenhados a partir dos parâmetros recolhidos por entidades oficiais junto do setor e por dois parâmetros externos (taxa de desemprego e taxa de evolução do PIB).

Dos resultados obtidos constata-se que apenas dois dos modelos desenvolvidos apresentam capacidade previsional. Regista-se ainda que desses modelos, apenas um utiliza um dos parâmetros recolhidos junto do setor (custos de formação por trabalhador). O outro parâmetro utilizado é a taxa de desemprego em Portugal, a qual aparece nos dois modelos validados.

Verifica-se também que de acordo com o modelo 3, obtido a partir dos dados oficiais, que quanto maiores forem os custos de formação por trabalhador, maior será o valor do Índice de Gravidade. Tal constatação é, no entanto, um contrassenso, uma vez que a formação não é, em si, um fator de sinistralidade.

Relativamente à taxa de desemprego, ambos os modelos nos indicam que os respetivos índices diminuem com o aumento da taxa de desemprego.

Como conclusão suplementar e, inicialmente, fora dos objetivos observou-se também que os resultados estão em linha com outros obtidos por Costa *et al.* (2009). Estes investigadores, num estudo desenvolvido em 2009, questionavam a eficácia da formação para um número muito significativo das empresas de diversos setores económicos, inquiridas para o seu estudo. Verificaram aí, que os resultados da formação em SST apareciam, para uma percentagem significativa de empresas, como neutros ou até negativos, relativamente à sinistralidade. Ou seja, a um maior investimento em formação correspondia um aumento do número de acidentes de trabalho. Apesar de estatisticamente válidos, foi concluído que estes resultados não poderiam estar relacionados com a formação em si, mas com a sua qualidade e eficácia. Isto porque, depois de uma análise mais fina, verificaram que para a maioria das empresas com

sistemas de gestão auditados externamente, os resultados da formação eram positivos. Ou seja, quando o controlo sobre a qualidade da formação era efetivo, a sua eficácia era significativa. Não havendo preocupações com a qualidade da formação, o efeito nos trabalhadores é nulo.

Não promovendo, a prevenção, os investimentos efetuados são completamente irrecuperáveis e, por isso, não justificados. Os mesmos investigadores também concluíram que o investimento em técnicos de Segurança e Higiene do Trabalho aparecia, genericamente como tendo um retorno positivo. As empresas certificadas, leia-se, com maior controlo sobre a qualidade da formação, também apresentavam índices de sinistralidade mais baixos (Costa *et al.* 2009). As vantagens da formação são inquestionáveis, para o efeito podem ser utilizadas várias abordagens e, mesmo para formação em sala existem soluções de qualidade como a apresentada por Zhao (2009) com a utilização de simulação em ambiente virtual da atuação preventiva.

Mais uma vez se prova que não basta dar formação, mas que o fundamental é a sua adequação à realidade de cada empresa, quanto ao posto e local de trabalho. Com o risco da falta completa de retorno do investimento efetuado em condições desadequadas e com o mero objetivo de cumprimento dos requisitos legais.

5. Bibliografia

Carbonari, A. (2011), A proactive system for real-time safety management in construction sites, *Automation in Construction*, Volume 20, Issue 6, *Science Direct*, pp 686-698.

Costa, E. Q.; Diogo, M. T.; Baptista, J. S. (2009), Avaliação da Relação Investimento-Benefício da Formação em Prevenção de Riscos Ocupacionais, In C. Guedes Soares, C. Jacinto, A.P. Teixeira, P. Antão (Ed), *Riscos Industriais e Emergentes*, Edições Salamandra, Lisboa, ISBN 978-972-689-233-5), pp. 997-1008.

Godefroy, B. (2007), *Models of Safety in Construction - Global Perspective*. 7.º International Congress on Occupational Safety and Health, Porto: International Society Safety Association - Construction Section (ISSA-CS).

Hespanha, P. (2001), Mal-estar e risco social num mundo globalizado: Novos problemas e novos desafios para a teoria social. Boaventura S. Santos (Ed.), *Globalização, Fatalidade ou Utopia?*, Porto: Edições Afrontamento.

Huang, G. (2011), Study on the model of construction accident forecast based on grey-markov theory, *IEEE Xplore*.

Kartman, N. A. (1997), Integrating Safety and Health Performance into Construction, *CPM - Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 123, No. 2, June 1997, pp. 121-126.

Macedo, A. C. (2005), *Analysis of occupational accidents in Portugal between 1992 and 2001*, *Compendex*.

Mikkelsen, K.L. (2010), *Safety walkarounds predict injury risk and reduce injury rates in the construction industry*, Wiley Online Library.

Miyamoto, A. (2006), *Safety control system for accidents during bridge construction works, Inspec.*

OER (2009), *Perspectivas 1 - Novos Riscos Emergentes para a Segurança e Saúde no Trabalho*, Bruxelas : Serviço das Publicações Oficiais das Comunidades Europeias, pp. 7-21. TE- 81-08-475-PT-N.

OIT- ILO OSH 2001 (2002), *Diretrizes relativas aos Sistemas de Gestão de Segurança e Saúde no Trabalho*, Genebra.

Oliveira, P. A. A. (2011), *Modelo de Análise da Sinistralidade Laboral versus Investimento em Prevenção, para o Setor da Construção*, tese doutoral submetida ao Departamento de Ciências Biomédicas da Universidad de León para a obtenção do grau de Doutor em Higiene, Saúde e Segurança do Trabalho - León, pp. 1-219.

Oliveira, P. A. A. (2007), *O Impacto dos Custos Diretos e Indiretos com os Acidentes de Trabalho no Setor da Construção Civil - Estudo de uma empresa*, dissertação submetida ao Departamento de Ciências Biomédicas da Universidade de León para a obtenção do diploma de Estudos Avançados vinculados à área de conhecimento de Medicina Preventiva e Saúde Pública - León, pp. 79-105.

Oliveira, P. A. A.; Baptista, J. dos Santos; Carvalhal, Vasco (2011), *Development of Prediction Models for Accident Indexes Applied to the Construction Sector*, in *Book of Abstracts of Occupational Safety and Hygiene*, Editora: Sociedade Portuguesa de Segurança e Higiene Ocupacionais (SPSHO), 2012. ISBN: 978-972-99504-8-3. pp. 21-23.

Palhinha, P. (2010), *Integration of general principles of prevention at design stage to concreting and form-working of building structural elements*, *Web of Science*.

Pires, A. M. R. (2011), *Fatal accidents in the construction sector portuguese study*, *IEEE Xplore*.

Rikhardsson, P. M. (2003), *Accounting for the cost of occupational accidents*, Denmark: The Aarhus School of Business;

Zhang, S. (2012), *Build information modeling (BIM) and safety: Automatic safety checking of construction models and schedules*, *Automation in Construction*, *Science Direct*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbr.2011.03.031>.

Zhao, D. et al. (2009), *Using virtual environments to support electrical safety awareness in construction*, WSC '09: Winter Simulation Conference.

Zhao, D. et al. (2012), *Using Virtual Environments Simulation to Improve Construction Safety: An Application of 3D Online-Game Based Training*, *Book: Future Control and Automation*, Volume 172, Springer Berlin Heidelberg.