

ação ergonômica volume 6, número 2

UMA ABORDAGEM PARA O MONITORAMENTO DE INDICADORES DE RESILIÊNCIA EM ORGANIZAÇÕES

Alan P. Souza (*)

alanpsouza@gmail.com

José O. Gomes (*)

joseorlando@nce.gov.br

Paulo Victor R. de Carvalho (*)

joseorlando@nce.gov.br

(*) Programa de Pós-Graduação em Informática - PPGI-IM/NCE/UFRJ

Resumo: Os conceitos desenvolvidos pela engenharia de resiliência permitem compreender e monitorar dinamicamente o funcionamento das organizações e, particularmente, mapear a função das atividades humanas, no sucesso ou no fracasso e nas tomadas de decisões perante situações inesperadas. A captura de informações acerca deste funcionamento proporciona aos gestores um conhecimento mais aprofundado do que está influenciando a realização das atividades das pessoas na organização, proporcionando a consciência dos fatores que interferem positivamente ou negativamente no cumprimento das metas organizacionais projetadas inicialmente. Esse monitoramento é importante porque o desempenho dos sistemas complexos é condicionado ao conhecimento que as pessoas possuem para executar as suas atividades. Dessa forma, as organizações podem antecipar-se e adaptar-se por intermédio de sinais operacionais precursores a possíveis problemas de estruturação das tarefas e atividades, segurança, qualidade, prazo, retrabalho, manutenção, *etc.* Esta pesquisa propõe aplicar os conceitos de engenharia de resiliência na compreensão da organização pela análise de tarefas e atividades cognitivas para o desenvolvimento de indicadores para avaliação das atividades pelos próprios agentes humanos atuantes no nível operacional, além da especificação inicial de uma ferramenta computacional para apoiar essa compreensão.

Palavras-chave: Engenharia de Resiliência, Análise de Tarefas e Atividades Cognitivas, Indicadores, Organizações.

Abstract: The concepts developed by resilience engineering allow to understand and dynamically to monitor the functioning of organizations and, particularly, to map the role of human activities, in success or in failure and in making decisions to unexpected situations. The capture of information about this operation gives managers a deeper understanding of what is influencing the performance of activities of people in the organization, providing awareness of the factors that influence positively or negatively in the fulfillment of organizational goals initially projected. This monitoring is important because the performance of complex systems is conditioned by the knowledge that people have to perform their activities. Thus, organizations can look forward through precursors operating signals of possible problems with the structure of tasks and activities, safety, quality, schedule, rework, maintenance, etc. This research applies the concepts of resilience engineering to understand the organization by cognitive tasks and activities analysis for the development of indicators for activities evaluation by their human agents acting at the operational level, beyond initial specification of a computational tool to support this understanding.

Keywords: Resilience Engineering, Cognitive Tasks and Activities Analysis, Indicators, Organizations.

ação ergonômica volume 6, número 2

1. INTRODUÇÃO

A maioria das organizações, especialmente, as consideradas complexas¹ enfrentam situações dinâmicas, imprevistas e não-desejadas durante a execução das suas atividades. A partir dessas constatações, percebe-se que as organizações estão inseridas em cenários que modificam-se constantemente, exercendo nestas toda a sua influência. Em outras palavras, todos esses aspectos induzem à transição entre distintos contextos do negócio, os quais provocam amplos impactos e dificultam as tomadas de decisão por parte das altas, médias e baixas gerências organizacionais, assim como no quadro operacional.

As variabilidades² acentuam o potencial de complexidade dos contextos nos quais as organizações atuam e, por conseqüência, as pessoas envolvidas na execução das tarefas, a partir de atividades que exigem intenso esforço cognitivo, são desafiadas muitas vezes a adaptarem-se dinamicamente para manter a produtividade da organização em níveis satisfatórios de desempenho. Por outro lado, quando não devidamente monitoradas, tais atividades podem colocar em risco aspectos de segurança e o próprio negócio da organização (CARVER; TUOFF, 2007).

Esse problema ocorre porque as informações não são do conhecimento dos gestores na maioria das vezes. Ao contrário, tomam conhecimento tardio ou ainda porque estas informações estão dispersas e fragmentadas em diferentes meios, inclusive na memória dos próprios trabalhadores, sofrendo a interferência de seus modelos mentais, que tem as suas características próprias de alcance e ação (ANGELONI, 2003).

¹ As organizações complexas são entendidas como aquelas responsáveis pela interação e reação sociais de forma sistemática. Essa dinâmica é complexa, pois as envolvem e as influenciam ao mesmo tempo em que influem e envolvem outras dimensões da sociedade (MORIN; MOIGNE, 2000).

² Ou seja, as situações dinâmicas, imprevistas e não-desejadas que as organizações enfrentam durante a execução das suas atividades.

As organizações podem tornar-se mais resilientes quando gestores nos diversos níveis hierárquicos possuem informações de como as atividades estão sendo executadas, de modo a oferecer os recursos necessários às pessoas para adaptarem-se e tomarem decisões em situações inesperadas e não desejadas, mantendo o fluxo de uma produção eficaz e em segurança (HOLLNAGEL, 2008).

Este artigo inclui além desta Introdução outras cinco seções descritas a seguir. Na Seção 2 discutem-se conceitos de engenharia e gestão de resiliência. A Seção 3 revisa a literatura sobre as principais soluções encontradas para o monitoramento de resiliência em organizações. A Seção 4 propõe uma nova abordagem para o monitoramento de indicadores de resiliência em organizações. A seção 5 apresenta detalhes da construção de um sistema computacional de apoio à abordagem. A Seção 6 descreve as conclusões do trabalho.

2. RESILIÊNCIA

Estudos tradicionais em gestão de segurança costumam discutir os riscos e as falhas como resultados da deterioração do desempenho normal das organizações. Apesar de possuírem modelos poderosos e um conjunto de sistemas para apoiar seus processos, a maioria desses métodos agrega perspectivas inadequadas para lidar com a complexidade dos eventos que ocorrem nos sistemas modernos (SHERIDAN, 2008; WREATHALL, 2006).

A engenharia de resiliência aparece como alternativa a essas abordagens tradicionais em gestão de segurança. Em contraste, aquela aborda falha e sucesso como resultados normais de como as organizações funcionam em cenários complexos. As organizações desempenham a todo instante as suas funções sob variações, exigindo das pessoas ajustes e adaptações nas atividades para responder adequadamente às variabilidades e tomar decisões em função de recursos e tempo finitos disponíveis como forma de atingir as metas (HOLLNAGEL; NEMETH; DEKKER, 2008).

Alguns autores destacam que a resiliência deve ser vista como a habilidade dos sistemas para antecipar e a capacidade para adaptar às

ação ergonômica volume 6, número 2

potenciais surpresas e falhas (HOLLNAGEL; WOODS, 2006). Também devem considerar as suas aptidões para avaliar o quanto bom e capaz estão projetados para as variabilidades externas ao modelo de funcionamento padrão.

Com base nessas definições, percebe-se a importância da distinção entre compreender a maneira como o sistema realmente opera (o que funciona adequadamente com adaptações) daquela como foi estruturado para lidar com incertezas e como este de fato reconhece e lida com variabilidades. Assim, faz-se necessário a presença de mecanismos de monitoramento e controle de possíveis ameaças à operação das organizações e a compreensão de como as pessoas realizam desvios além dos perímetros considerados seguros na realização de tarefas.

O desbalançamento entre pressões produtivas e aspectos de segurança aumenta possibilidade de incidentes/acidentes em razão de sucessivos desvios no modo de operação organizacional, a

chamada deriva para falha (do inglês “*drift into failure*”). Reconhecer este modo é difícil, pois toda a estrutura protetora da organização parece deslizar junto com o sistema operacional em direção às suas fronteiras de segurança (DEKKER, 2006; WOODS, 2003). A Figura 1 mostra a dificuldade de apontar onde a organização encontra-se, uma vez que existem diversas variáveis (por exemplo, desempenho, segurança, carga de trabalho e perda econômica) movendo-se conjuntamente em direção às suas respectivas margens de erro ou em direção contrária a depender dos esforços gerenciais/operacionais para manter a organização em seus limites de produção e segurança (RASMUSSEN; SVEDUNG, 2000).

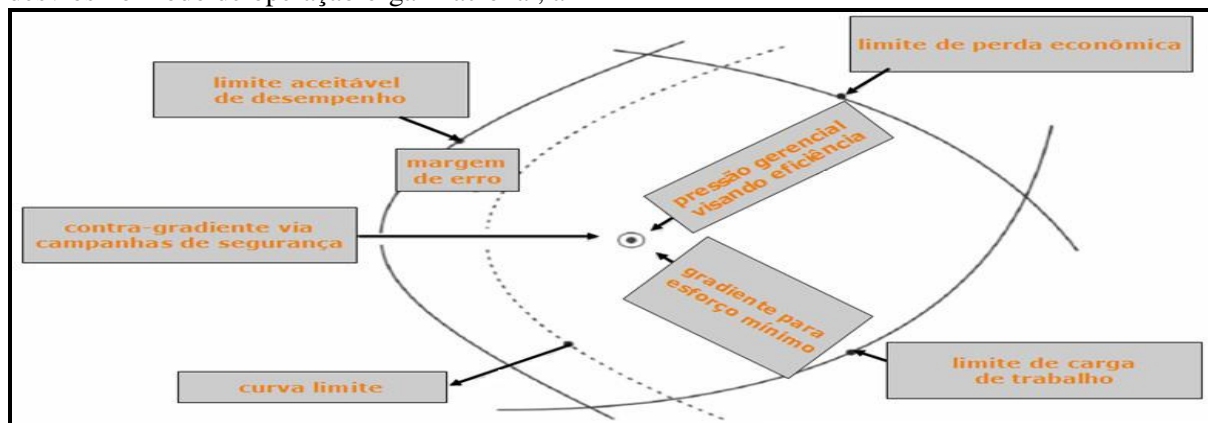


Figura 1 - Dificuldade de apontar onde a organização encontra-se.

A satisfatória gestão da resiliência envolve a compreensão ampla do desempenho da organização. Acidentes refletem a combinação inesperada de condições sobrepostas no tempo e que mutuamente afetam-se. Os caminhos para esse entendimento, embora ainda em discussão, apresentam múltiplas abordagens, muitas delineadas somente no campo teórico e carecendo de verificação empírica. Ainda assim, similaridades podem ser evidenciadas nos diversos tratamentos da resiliência em organizações, conforme descritas a seguir.

A resiliência para existir exige a inicial compreensão do trabalho organizacional. O estudo de (WESTRUM, 2006) afirma que

existem poucas dúvidas sobre a necessidade de conhecer melhor as tarefas a serem realizadas e como as atividades são executadas. Flin (2006) acrescenta que as competências para a gestão da resiliência passam pelo diagnóstico de sinais operacionais que apontem a deriva para o limite de um perímetro de segurança.

A gestão de resiliência visa estabelecer um ambiente de monitoração/controlado pró-ativos na segurança das organizações. Dessa forma, os fatores que podem interferir na segurança devem ser constantemente acessados para evitar a ocorrência de incidentes/acidentes. A criação de indicadores preditivos (que propicie uma visão antecipatória) é imprescindível para

ação ergonômica volume 6, número 2

alcançar esses objetivos e evitar a identificação de problemas e a adoção de ações corretivas somente após a detecção de falhas produtivas (WREATHALL *et al.*, 2006).

3. SOLUÇÕES DE MONITORAMENTO DE INDICADORES DE RESILIÊNCIA

3.1 Compreensão de Tarefas e Atividades

A compreensão detalhada do trabalho em contexto é muito importante (HOLLNAGEL, 2006), pois as variabilidades combinam-se de maneiras muitas vezes improváveis gerando cenários complexos cujo desfecho é de difícil previsão para gestores e operadores. Algumas abordagens da literatura exploram justamente esses princípios para a elaboração de grandes modelos que possam explicitar a dinamicidade de ocorrência e combinação desses eventos inesperados. Destacam-se os trabalhos de (HOLLNAGEL, 2004) e (LEVESON, 2004).

No primeiro, Hollnagel (2004) propõe modelos funcionais³ para compreender os sistemas sócio-técnicos complexos. A abordagem apóia-se na teoria da complexidade e mostra que os sistemas não podem ser decompostos em partes, pois não são lineares. O funcionamento destes deve ser analisado sistemicamente, considerando as relações e ressonâncias de suas funções. O segundo trabalho de Leveson (2004) analisa os sistemas como componentes relacionados, mantidos em um estado de equilíbrio dinâmico por repetições de *feedback* de informação e controle. A abordagem apóia-se na teoria da dinâmica de sistemas. Em seu modelo⁴ que integra todos os aspectos de risco, acidentes ou perdas de resultados são oriundos da falta de controle da segurança na concepção e funcionamento dos sistemas sócio-técnicos complexos. Ambas as abordagens são bastante poderosas, porém, estão mais voltadas para a investigação de acidentes e riscos. Além disso, exigem um amplo conhecimento teórico das pessoas e um tempo considerável para as suas implantações em organizações.

Em contraposição às abordagens anteriores, outros estudos apóiam-se em práticas menos

complexas e de aplicabilidades mais rápida. Sendo, por isso, consideradas mais apropriadas aos ambientes organizacionais. Estas práticas utilizam Análises do Trabalho Cognitivo (ATC) para estudar diversos contextos sob diferentes perspectivas (CRANDALL; KLEIN; HOFFMAN, 2006). A análise do trabalho cognitivo é um conjunto de métodos utilizados para investigar os processos cognitivos nas relações existentes em ambientes de trabalho conduzidos por diferentes operadores humanos e na manipulação de artefatos tecnológicos. Os métodos procuram entender como os agentes humanos enxergam o trabalho e como estes dão sentido aos acontecimentos. No caso dos trabalhadores tomarem decisões importantes ou complexas, as análises descrevem a base para o seu desempenho qualificado. De modo contrário, se os mesmos estiverem cometendo falhas, as análises explicam as causas para o acontecimento. Dessa forma, essa abordagem consegue capturar as estratégias de tomada de decisão, no que os trabalhadores prestam atenção, o que podem estar pensando no momento da ação e o que eles sabem sobre o processo que está ocorrendo.

3.2 Desenvolvimento de Indicadores

Vários estudos dizem que o desenvolvimento de indicadores para avaliação da resiliência deve iniciar pelo conhecimento dos processos organizacionais (WREATHALL, 2009; EPRI, 2006). Entretanto, existem poucas tentativas sistemáticas para a sua criação. As dificuldades não residem apenas na elaboração, mas nas oportunidades limitadas de validação em eventos reais (MENDONÇA, 2008).

Os indicadores de segurança organizacional tradicionalmente utilizados são obtidos após a ocorrência de eventos indesejados (*lagging indicators*). Por exemplo, frequência de acidentes, estes não garantem conhecimentos suficientes para prevenir eventos futuros ou podem tornar-se obsoletos quando o tempo de análise é longo. Assim, existe a necessidade de desenvolvimento de indicadores preditivos (*leading indicators*). Por exemplo, relato de problemas operacionais (HOLLNAGEL, 2008). Os dois tipos de indicadores devem coexistir, visto que ambos contribuem no fornecimento de informações relevantes às

³ *Functional Resonance Accident Model (FRAM)*

⁴ *Systems Theoretic Accident Modeling and Processes (STAMP)*

ação ergonômica volume 6, número 2

organizações, porém possuem diferentes origens ou focos: o primeiro volta-se mais para resultados das atividades gerenciais, enquanto o segundo em como atividades operacionais são executadas (GRABOWSKI, 2007).

O desenvolvimento de indicadores deve ocorrer em etapas (níveis de abstração), onde os componentes são refinados seguidamente até conseguir aspectos passíveis de serem medidos de modo satisfatório (STOLKER; KARYDAS; ROUVROYE, 2008). O projeto de indicadores não é uma tarefa simples, pois envolve a consideração de vários aspectos como capturar, estruturar, avaliar, visualizar e analisar dados e tomar decisões acerca do evento que se deseja medir, além de possuir quantidade adequada de métricas, simplicidade de avaliação, cálculo e análise. (EPRI, 2006; WREATHALL, 2006).

Após a definição dos indicadores, o próximo passo envolve o estabelecimento das métricas. Isso é muito importante porque estas devem retratar propriedades corretas dos indicadores para que estes sejam posteriormente avaliados coerentemente. Caso contrário, o resultado de análise tornar-se-á uma tarefa custosa e, muitas vezes, de conclusão irrealista e que dificulta a tomada de ações pró-ativas para organizações (GIACHETTI, 2003). Apesar de amplos estudos na definição de escalas e medição (BOUDREAU; GEFEN; STRAUB, 2001), os caminhos para este desenvolvimento no campo da resiliência são raramente discutidos. Os trabalhos que apresentam esforços nesse sentido utilizam escalas ordinais para avaliar os indicadores (HUBER, 2010; EPRI, 2000).

A captura de informações durante a avaliação acontece na maioria dos trabalhos através de questionários, uma vez que estes permitem acesso a um vasto público alvo e que sejam respondidos preservando-se a identidade das pessoas envolvidas. Além disso, esse método predispõe a colaboração dos profissionais e afasta o receio de respostas mais realistas (HUBER, 2010; STOLKER; KARYDAS; ROUVROYE, 2008; EPRI, 1999).

Após a avaliação dos indicadores, seguem as análises de resultados. Em sua grande maioria, acontecem através de gráficos que resumem informações capturadas durante as avaliações

(HUBER, 2010; SENRA, 2007; EPRI, 2000). Outros estudos utilizam heurísticas (estimativa de pesos e média ponderada) para tratamento prévio dos resultados (SENRA, 2007) ou têm procedimentos sofisticados de visualização (agregação dinâmica e categorização por cores dos resultados (YANDZIAK *et al.*, 2006).

A literatura recente fala muito em *dashboards*. O termo é utilizado para indicar um painel de indicadores fornecendo informações ilustradas imediatas do desempenho de toda organização. Os dados são gerados à gerência que precisa de uma visão ampla do negócio (RASMUSSEN; CHEN; BANSAL, 2009). Independente dos meios utilizados nas análises, devem permitir à gerência a impressão rápida e clara de aspectos em estudo, ou seja, percepção de informações relevantes coletadas durante a avaliação, de modo a provar hipóteses ou exibir tendências sobre as dimensões investigadas, isoladamente, ou em comparação com outras.

3.3 Sistemas de Informação

Um dos objetivos da engenharia de resiliência é desenvolver e disponibilizar artefatos para oferecer informações de apoio aos processos decisórios e garantir que as organizações mantenham-se em nível estável de segurança. Ainda que as características desses sistemas precisem ser especificadas, Wreathall (2006) destaca as necessidades de compreensão do trabalho executado (e não como imaginado), além da percepção organizacional do seu desempenho em relação aos aspectos que lhe conferem segurança e dos recursos que estas possuem disponíveis para as suas ações.

A principal ferramenta encontrada na literatura com objetivos similares ao desta pesquisa é a *Proactive Assessment of Organizational and Workplace Factors* (PAOWF). Esse sistema permite a gerência acessar a influência de fatores de trabalho na execução de atividades operacionais, sem a necessidade de ocorrência de eventos imprevistos e indesejados para o aprendizado (EPRI, 1999). Esse sistema é utilizado em usinas nucleares. A sua aplicação baseia-se na idéia de que a maneira mais efetiva para descobrir onde as pessoas enfrentam obstáculos e/ou precisam adaptar no trabalho é perguntando-as. As avaliações ocorrem por questionários sobre indicadores

ação ergonômica volume 6, número 2

organizacionais estabelecidos para o contexto. O PAOWF não especifica fatores de avaliação, pois estes devem ser customizados para plantas e grupos de trabalho sendo analisados. As avaliações são anônimas para estimular a participação, entretanto, ainda podem capturar informações da pessoa ou tipo de trabalho esta realiza para que as respostas sejam analisadas sob diferentes perspectivas (EPRI, 2000).

4. PROPOSTA DE ABORDAGEM PARA O MONITORAMENTO DE INDICADORES DE RESILIÊNCIA

A proposta assume o princípio de que a detecção de desvios nas condições normais de trabalho é facilitada quando feita nos níveis operacionais, uma vez que nestes residem as informações relevantes ao desenvolvimento de *leading indicators*. Sendo assim, a abordagem concentrar-se-á no *sharp end* da organização. Outra característica da proposta, ela reafirma a necessidade de uma prática simples de modo a facilitar a implantação. A abordagem permite às organizações iniciarem um controle dos seus processos produtivos sem a exigência de amplo conhecimento teórico e tempo.

4.1 Análise do Trabalho Cognitivo

A etapa de compreensão da organização utiliza técnicas e métodos da Análise do Trabalho Cognitivo (ATC) para compreender como os trabalhadores realmente se comportam na prática. Este objetivo é conseguido através da realização de estudos de campo que registram os desafios práticos que as pessoas realmente enfrentam no trabalho e as práticas que os trabalhadores desenvolvem para lidar com as variabilidades (VICENTE, 1999).

Essas análises permitem uma compreensão abrangente da situação de trabalho, pois todos os elementos relacionados com o trabalho serão estudados e considerados no momento da sua realização. Desta forma, essa compreensão analisa exigências e condições reais das tarefas e analisa as atividades efetivamente realizadas pelos trabalhadores no cumprimento das suas funções (BARCELOS, 1997).

A coleta de dados ocorre por entrevistas e observações, pois estas técnicas proporcionam intensa captura e fornecem subsídios às etapas de análise. Quando combinadas, maximizam o

alcance e minimizam limitações da aplicação exclusiva de uma única técnica. Permitem extraordinária análise sobre as demandas das tarefas, quais os tipos de habilidades são exigidas dos profissionais atuantes em sua execução, além de conhecimento sobre o fluxo das atividades pelo ambiente em estudo e de que forma ocorrem a comunicação e a coordenação das tarefas (ROTH, 2002).

As análises do trabalho devem estudar os trabalhos coletivos nas situações complexas considerando justamente esses diferentes aspectos: agentes humanos, destacando o perfil destes, tarefas que estes executam e interações desses profissionais para atingir os objetivos; ambientes de trabalho e sistemas técnicos utilizados nesses contextos, evidenciando suas funções e dependências. A Figura 2 destaca algumas das dimensões de análise necessárias para a compreensão dos diferentes tipos de restrições que podem moldar o comportamento dos trabalhadores (GOMES, 2010).

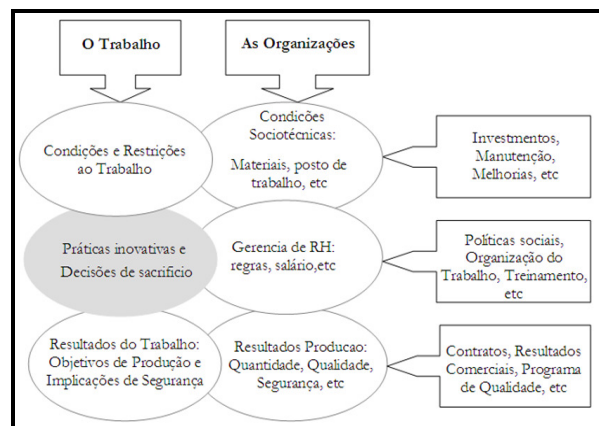


Figura 2 - Dimensões de análise do trabalho.

Dessa forma, o estudo deve considerar fatores que geram impactos e desvios ativos e latentes na organização. A compreensão do trabalho (sucesso ou insucesso em situações reais) passa pela análise dos grupos de indivíduos inseridos no sistema que utilizam os recursos para cumprir as suas obrigações, ao invés de estudar a cognição do indivíduo isoladamente.

4.2 Indicadores de Resiliência

Os indicadores devem refletir um conjunto de fatores organizacionais que influenciam a execução das atividades organizacionais. Para a definição dos indicadores utilizam-se aportes

ação ergonômica volume 6, número 2

da engenharia de resiliência (WREATHALL, 2006) e estudos da área nuclear (EPRI, 2001, 1999; INPO, 1997). Esses trabalhos têm um conjunto inicial de 10 fatores como *locus* onde as principais fraquezas latentes emergem nas organizações: comunicação; instalações e equipamentos; atividades de grupos e interfaces de trabalho; condição de materiais; planejamento e agendamento; políticas; procedimentos e documentação; papéis e responsabilidades; estrutura das tarefas; e treinamento e experiência.

A avaliação exige refinamento dos indicadores em novas componentes (critérios e aspectos). O detalhamento deve refletir propriedades das atividades ou características de resiliência nas atividades exercidas pelos agente e suscetíveis a interferências diante a ocorrência de eventos inesperados. A Figura 3 destaca o refinamento de um indicador em critérios e aspectos.

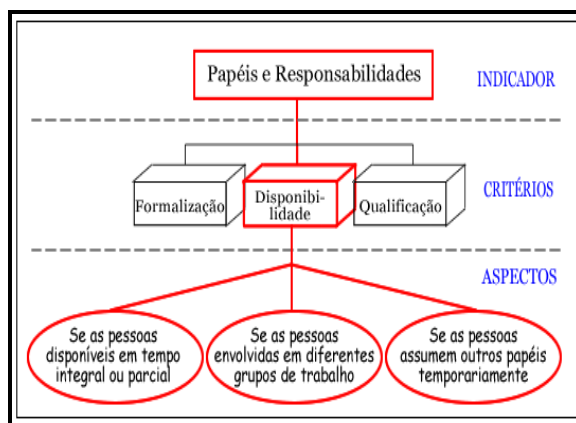


Figura 3 - Refinamento de indicadores.

Esse refinamento quando adequadamente realizado aumenta o conhecimento sobre as condições que influenciam na resiliência das atividades que estão sendo executadas. Essas condições de trabalho envolvem elementos de natureza organizacional, humana, tecnológica, física, política e econômica. Os elementos relacionam-se de maneira não-linear e modificam-se constantemente de acordo com os contextos construídos socialmente no cotidiano das organizações.

Após a definição e validação da estrutura de componentes, os indicadores disponibilizados aos operadores para que possam avaliá-los segundo os critérios e os aspectos que foram apontados como mais pertinentes à execução

das atividades. A avaliação final de cada indicador comporá um painel que representará a resiliência da organização.

A avaliação dos indicadores, elementos presentes no maior nível de abstração na estrutura de componentes, é realizada de maneira indireta pela avaliação dos elementos presentes nos menores níveis de abstração na estrutura de componentes, ou seja, os critérios e os aspectos. A avaliação acontece por um questionário que as pessoas devem responder mediante a execução de suas atividades. A intenção é que essa geração contínua de dados reflita o sentimento (satisfação ou decepção) das pessoas ao realizar o trabalho. Os dados coletados na avaliação devem estar disponíveis ao acesso gerencial concomitantemente para que as análises sejam realizadas, promovendo a percepção dos aspectos que comprometem a execução das atividades e a sua segurança em um curto espaço de tempo. A Figura 4 mostra parte do painel de análise dos indicadores de resiliência da organização.

ação ergonômica volume 6, número 2

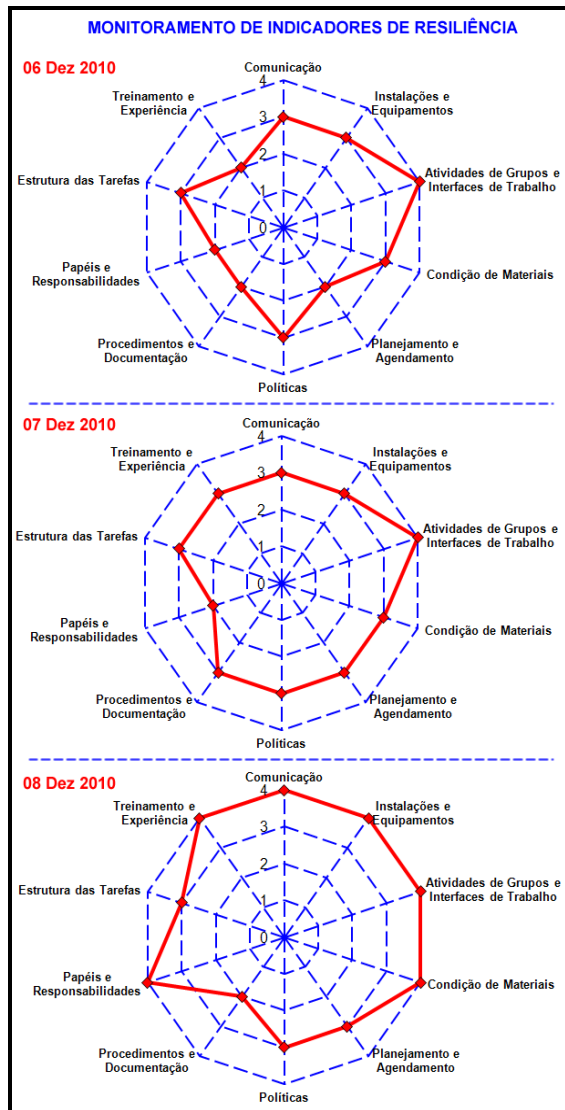


Figura 4 - Painel de análise de indicadores.

O monitoramento dos indicadores permite aos gestores a análise fotográfica de como as atividades foram/estão sendo realizadas ao longo do dia de trabalho e a percepção de desvios favoráveis ou desfavoráveis na realização das tarefas. O acompanhamento das atividades pode ser feito por gráficos radiais que proporcionam à gerência uma visão multidimensional do modelo ou por gráficos temporais que permitem a análise da evolução específica de um indicador ao longo do tempo. A avaliação organizacional pode ser aplicada sempre que se desejar obter informações sobre os aspectos que influenciam a execução das atividades ou verificar o estágio de evolução das atividades após a realização de mudanças nas operações por parte da gerência. Todavia,

o ideal é que essa avaliação seja contínua para que os gestores estejam sempre monitorando as ameaças latentes existentes, uma vez que a maioria das organizações não é consciente dessas ameaças (FUJITA, 2006; ICAO, 2002).

5. UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE APOIO AO MONITORAMENTO DE INDICADORES DE RESILIÊNCIA EM ORGANIZAÇÕES

O sistema de informação coleta dados sobre aspectos organizacionais que influenciam a execução das atividades operacionais e permite a gerência consciência sobre esses aspectos. A ferramenta contempla características relevantes apuradas no estudo do domínio. Por exemplo, customização de indicadores para grupos específicos de trabalho e necessidade de avaliações rápidas para evitar interferências na execução das atividades ou desmotivação nos agentes humanos. O sistema permite registros anônimos e comentários sobre os aspectos que influenciam o trabalho, assim como possui guias para orientar os processos de avaliação e diferentes mecanismos de análise.

O sistema de informação é formado por três módulos. O primeiro realiza configuração no ambiente (restrito aos administradores). O segundo avalia indicadores (acesso às pessoas dos níveis operacionais da organização). O último módulo permite a análise dos dados oriundos das avaliações (acesso liberado aos gerentes). A sua arquitetura é esquematizada na Figura 5.

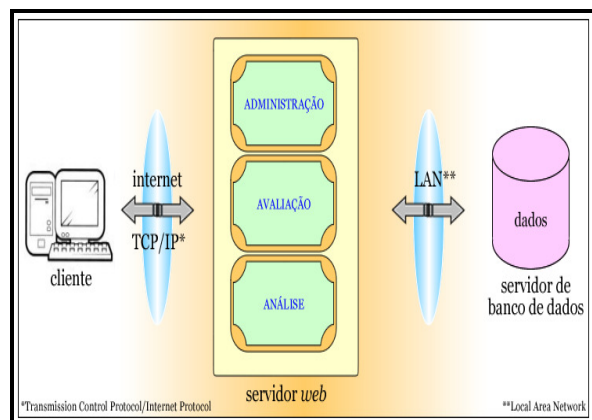


Figura 5 - Arquitetura do sistema.

Esse sistema computacional recebeu o nome de *Acess Organizational Resilience* (AOR). Ele foi desenvolvido para ser utilizado na *web*

ação ergonômica volume 6, número 2

e implementado na linguagem de programação PHP. A ferramenta utiliza o banco MySQL na persistência dos seus dados.

6. CONCLUSÕES

O artigo propôs uma abordagem de avaliação da resiliência em organizações a partir da identificação dos principais fatores envolvidos na execução das atividades e do quanto estes são comprometidos pelas variabilidades. A percepção dessas informações ajuda a gerência a tomar decisões apoiadas em maior e mais realístico conhecimento das atividades na visão dos próprios operadores. As características da abordagem seguem necessidades e princípios apontados pelos principais estudos analisados na literatura, para as etapas de compreensão do trabalho e desenvolvimento de indicadores. Esta pesquisa descreve inicialmente ainda um sistema de informação de apoio à abordagem de monitoramento de indicadores de resiliência em organizações. É uma iniciativa importante diante da carência de ferramentas com similar finalidade, além de oferecer uma oportunidade tecnológica na detecção de desvios de trabalho em direção às suas fronteiras de segurança, criando previsões sobre a mudança de padrões de risco antes que falhas venham a acontecer.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELONI, M. Elementos Intervenientes na Tomada de Decisão. *Ciência da Informação*, Brasília, v.32, n.1, p.17-22, 2003.

BARCELOS, M. A Análise Ergonômica do Trabalho como Ferramenta para a Elaboração e Desenvolvimento de Programas de Treinamento. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.

BOUDREAU, M.; GEFEN, D.; STRAUB, D. Validation in Information Systems Research: A State of the Art Assessment. *MIS Quarterly*, vol.25, n.1, p.1-16, 2001.

CARVER, L.; TUROFF, M. Human-Computer Interaction: The Human and Computer as a Team in Emergency Management Information Systems. *Communications of the ACM*, New York, vol.50, n.3, p.33-38, 2007.

CRANDALL, B.; KLEIN, G.; HOFFMAN, R. *Working Minds: A Practitioner's Guide to*

Cognitive Task Analysis. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2006.

DEKKER, S. Resilience Engineering: Chronicling the Emergence of Confused Consensus. In: HOLLNAGEL, E.; WOODS, D.; LEVESON, N. *Resilience Engineering: Concepts and Precepts*, Aldershot, UK: Ashgate, 2006.

EPRI. *Business Performance Indicators for Nuclear Asset Management*. Electric Power Research Institute, 2006.

EPRI. *Final Report on Leading Indicators of Human Performance*. Electric Power Research Institute, 2001.

EPRI. *Guidelines for Leading Indicators of Human Performance*. Electric Power Research Institute, 1999.

EPRI. *Metrics for Assessing Maintenance Effectiveness*. Electric Power Research Institute, 2003.

EPRI. *PAOWF Users' Guide*. Electric Power Research Institute, 2000.

FLIN, N. Erosion of Managerial Resilience: Vasa to NASA. In: HOLLNAGEL, E.; WOODS, D.; LEVESON, N. *Resilience Engineering: Concepts and Precepts*. Aldershot, UK: Ashgate, 2006.

FUJITA, Y. Systems Are Ever Changing. In: HOLLNAGEL, E.; WOODS, D.; LEVESON, N. *Resilience Engineering: Concepts and Precepts*. Aldershot, UK: Ashgate, 2006.

GIACHETTI, R.; MARTINEZ, L.; SAÉNZ, O.; CHEN, C. Analysis of the Structural Measures of Flexibility and Agility using Measurement Theoretical Framework. *International Journal of Production Economics*, vol.86, p.47-62, 2003.

GOMES, J. *Ergonomia, Adaptação e Resiliência*, 2010.

GRABOWSKI, M. Leading Indicators of Safety in Virtual Organizations. In: *Safety Science*, vol.45, p.1013-1043, 2007.

HERRERA, I.; HOVDEN, J. Leading Indicators applied to Maintenance in the Framework of Resilience Engineering: A Conceptual Approach. In: HOLLNAGEL, E.; PIERI, F.; RIGAUD, E. *Proceedings of the Third Resilience Engineering Symposium*. École des Mines de Paris, France, 2008.

HOLLNAGEL, E. *Barrier Analysis and Accident Prevention*. Aldershot, UK: Ashgate, 2004.

ação ergonômica volume 6, número 2

- HOLLNAGEL, E. Safety Management – Looking Back or Looking Forward. In: HOLLNAGEL, E.; NEMETH, C.; DEKKER, S. Remaining the Sensitive to the Possibility of Failure – Resilience Engineering Perspectives, Volume 1. Ashgate Studies in Resilience Engineering, 2008.
- HOLLNAGEL, E. The Challenge of the Unstable. In: HOLLNAGEL, E.; WOODS, D.; LEVESON, N. Resilience Engineering: Concepts and Precepts. Aldershot, UK: Ashgate, 2006.
- HOLLNAGEL, E.; NEMETH, C.; DEKKER, S. Remaining the Sensitive to the Possibility of Failure – Resilience Engineering Perspectives, Volume 1. Ashgate Studies in Resilience Engineering, 2008.
- HOLLNAGEL, E.; WOODS, D. Joint Cognitive Systms: An Introduction to Cognitive Systems Engineering. Boca Raton, FL: CRC Press/Taylor & Francis, 2006.
- HOLLNAGEL, E.; WOODS, D.; LEVESON, N. Resilience Engineering: Concepts and Precepts. Aldershot, UK: Ashgate, 2006.
- HUBER, G. Um Método para Avaliação de Resiliência em Organizações Complexas: Um Estudo na Aviação de Helicópteros. Dissertação (Mestrado em Informática) – Programa de Pós-Graduação em Informática, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.
- ICAO. Line Operations Safety Audit (LOSA). International Civil Aviation Organization, 2002.
- INPO. Human Performance Fundamentals Course. Institute for Nuclear Power Operations, 1997.
- LEVESON, N. A New Accident Model for Engineering Safer Systems. Safety Science, vol.42, n.4, p.237-270, 2004.
- MENDONÇA, D. Measures of Resilient Performance. In: HOLLNAGEL, E.; NEMETH, C.; DEKKER, S. Remaining the Sensitive to the Possibility of Failure – Resilience Engineering Perspectives, Volume 1. Ashgate Studies in Resilience Engineering, 2008.
- MORIN, E.; MOIGNE, J. A Inteligência da Complexidade. Uberaba: Peirópolis, 2000.
- RASMUSSEN, N.; CHEN, C.; BANSAL, M. Business Dashboards: A Visual Catalog for Design and Deployment. John Wiley & Sons, 2009.
- RASMUSSEN, J.; SVEDUNG, I. Proactive Risk Management in a Dynamic Society. Karlstad, Sweden: Swedish Rescue Services Agency, 2000.
- ROTH, E. Fields Observation Methods for Cognitive Task Analysis. CTA Resource, 2002.
- SENRA, R. Um Modelo de Referencia para Avaliação da Capacidade de Resposta das Organizações de Emergência. Dissertação (Mestrado em Informática) – Programa de Pós-Graduação em Informática, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.
- SHERIDAN, T. Risk, Human Error, and System Resilience: Fundamental Ideas. Human Factors, vol.50, n.3, p.418-426, 2008.
- STOLKER, R.; KARYDAS, D.; ROUVROYE, J. A Comprehensive Approach to Assess Operational Resilience. In: HOLLNAGEL, E.; PIERI, F.; RIGAUD, E. Proceedings of the Third Resilience Engineering Symposium. École des Mines de Paris, France, 2008.
- VICENTE, K. Cognitive Work Analysis: Towards Safe, Productive, and Healthy Computer-Based Work. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, London, 1999.
- WESTRUM, R. A Typology of Resilience Situations. In: HOLLNAGEL, E.; WOODS, D.; LEVESON, N. Resilience Engineering: Concepts and Precepts. Aldershot, UK: Ashgate, 2006.
- WOODS, D. Creating Foresight: How Resilience Engineering Can Transform NASA's Approach to Risky Decision Making. US Senate Testimony for the Committe on Commerce, Science and Transportation. Washington, D.C., 2003.
- WREATHALL, J. Measuring Resilience. In: NEMETH, C.; HOLLNAGEL, E.; DEKKER, S. Preparation and Restoration – Resilience Engineering Perspectives, Volume 2. Ashgate Studies in Resilience Engineering, 2009.
- WREATHALL, J. Properties of Resilient Organizations: An Initial View. In: HOLLNAGEL, E.; WOODS, D.; LEVESON, N. Resilience Engineering: Concepts and Precepts. Aldershot, UK: Ashgate, 2006.
- WREATHALL, J.; WOODS, D.; GOMES, J.; CARVALHO, P. Aplicando a Engenharia de Resiliência em Organizações. Resilience Engineering Consortium, 2006.

ação ergonômica volume 6, número 2

YANDZIAK, J.; LIMA, O.; VERBOONEN, M.; GOMES, J.; GUERLAIN, S. Critical Review and Redesign of a Petroleum Industry Accident-Incident Reporting System. In: IEEE

SYSTEMS AND INFORMATION ENGINEERING DESIGN SYMPOSIUM, University of Virginia, Charlottesville, Virginia, 2006.