

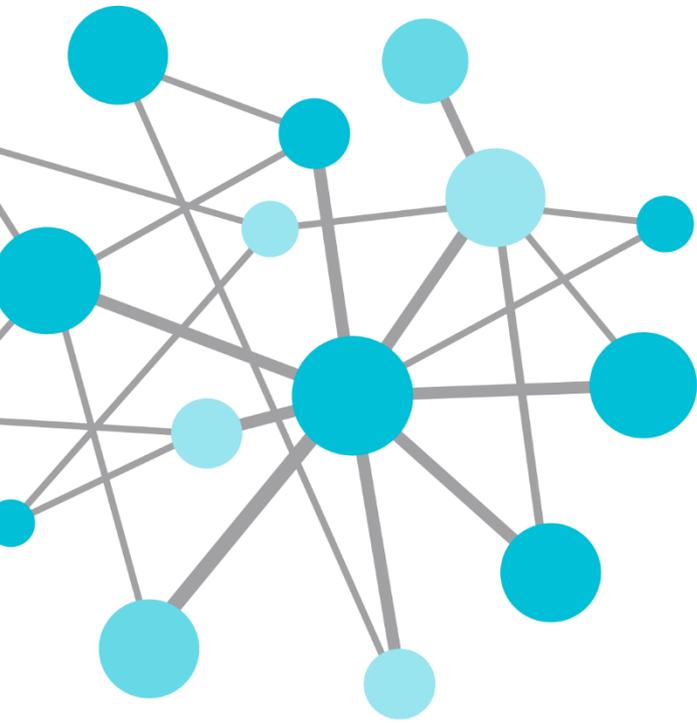
OSIsoft®

SEMINÁRIO REGIONAL 2014

The Power of Data

L A T A M

DECISION READY IN REAL-TIME



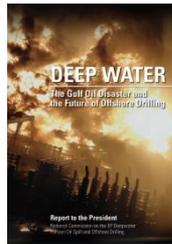
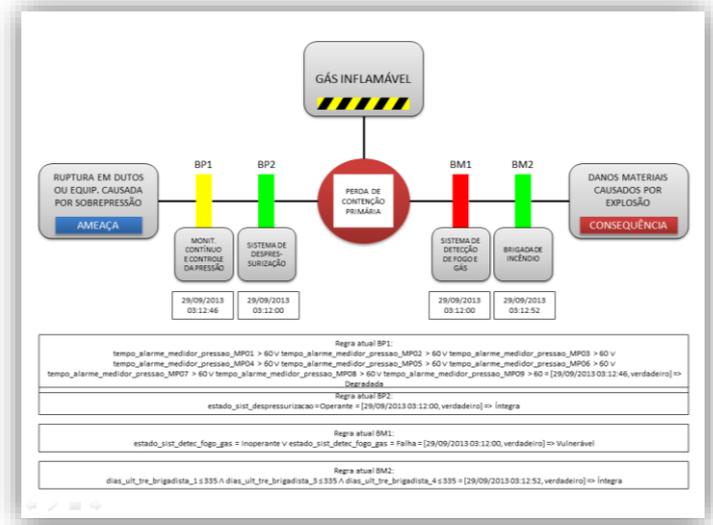
Gestão de riscos operacionais utilizando diagramas *bow-tie* automatizados

Presented by **Sergio Saad**



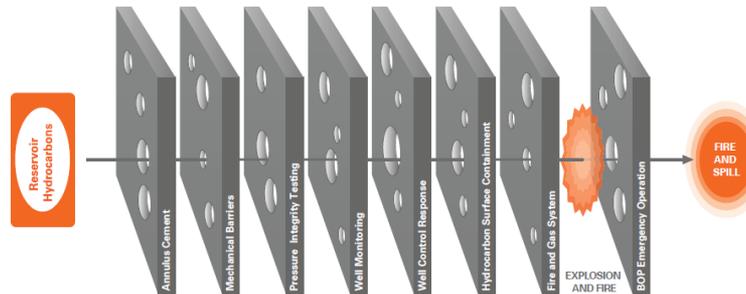
Gestão de riscos operacionais utilizando diagramas *bow-tie* automatizados

Na indústria de processo, pós-Macondo (...), é essencial que as empresas deixem de apenas demonstrar que conhecem o nível de risco a que os trabalhadores e o meio-ambiente estão expostos, passando a demonstrar que possuem barreiras adequadas e eficazes para gerenciar esse risco. (BOWER-WHITE, 2013)



Desafio de Negócio

Deixar de trabalhar com diagramas *bow-tie* de forma estática, passando a monitorar continuamente os estados das barreiras, de modo a aumentar a segurança operacional



Solução

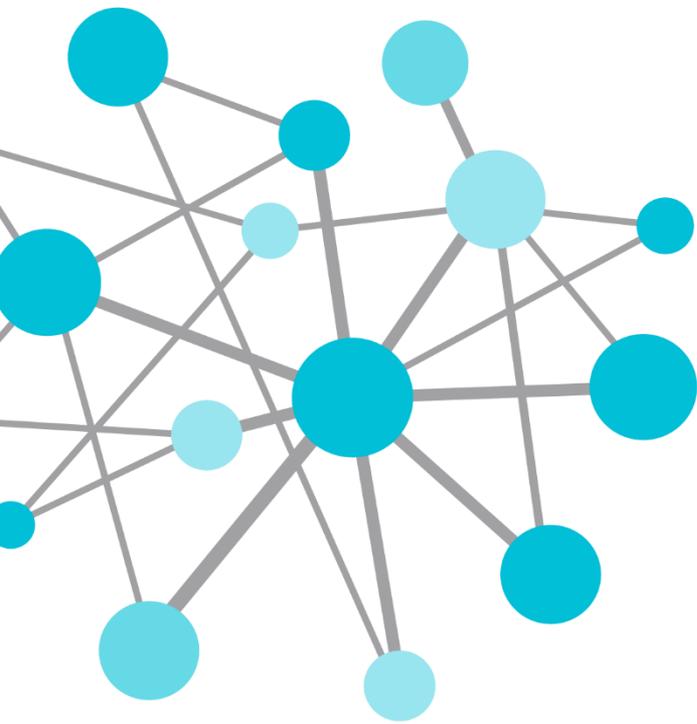
Uso da técnica de Processamento de Eventos para atualizar automaticamente os estados das barreiras dos diagramas *bow-tie* a partir de dados do PI System e outras fontes de dados

Resultados e Benefícios

Execução do protótipo bem-sucedida
Possível aplicação a situações reais da indústria
Possível aplicação da solução a outros métodos de gestão de riscos baseados em barreiras

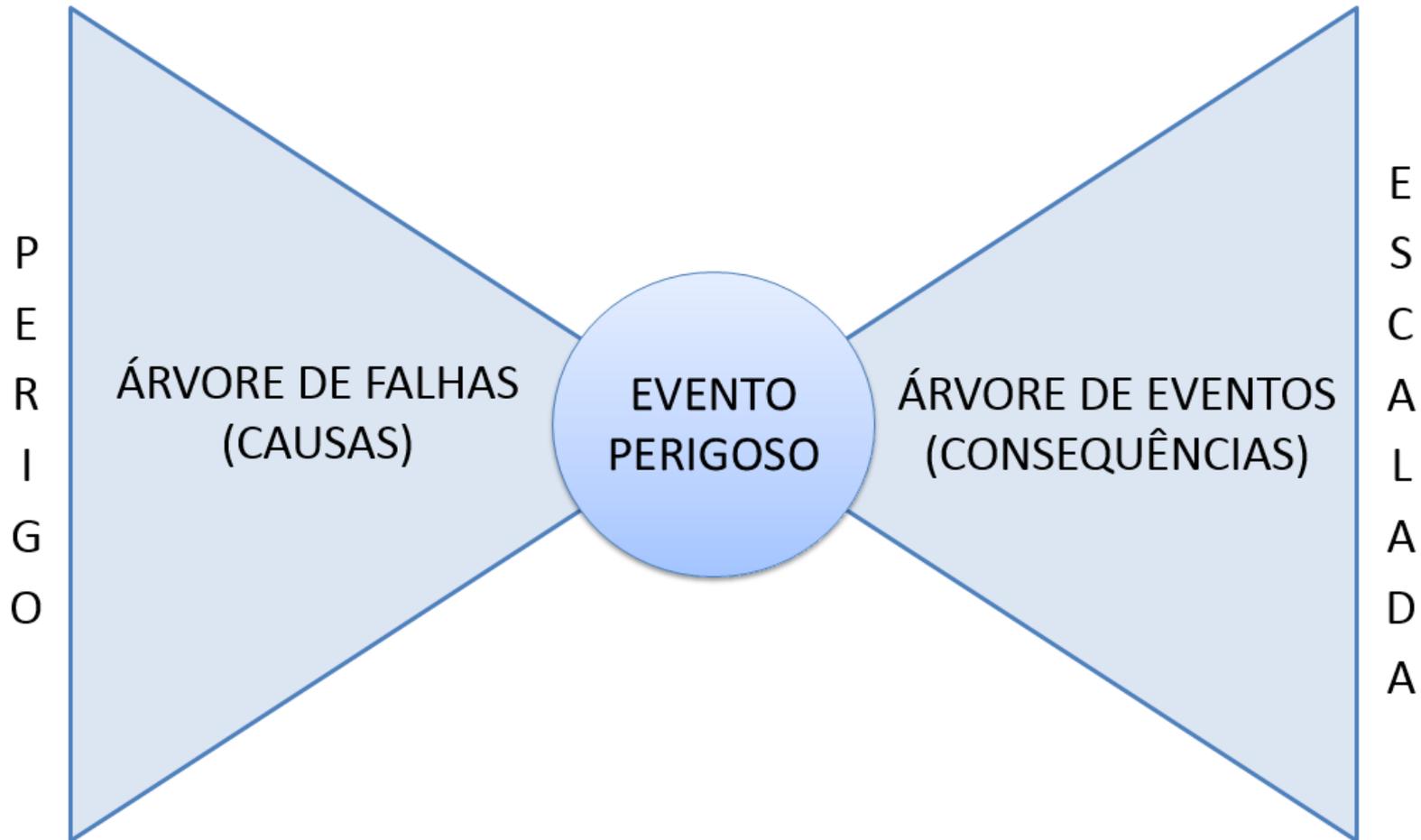
Histórico

- **Fev/2010:** início do curso de Mestrado Profissional no IPT
- **Dez/2010:** primeiro contato com o método *bow-tie* e com a necessidade da indústria de E&P
- **Fev/2012:** definição do tema da dissertação – “**Uma arquitetura de processamento de eventos para gestão de riscos operacionais em ambiente industrial**”
- **Out/2012:** banca de qualificação
- **Dez/2013:** banca de defesa
- **Fev/2014:** submissão de artigo para a *ACM International Conference on Distributed Event-Based Systems (“DEBS”) 2014*
- **Mar/2014:** conclusão do Mestrado no IPT
- **Abr/2014:** aprovação do artigo para apresentação e publicação na DEBS 2014
- **Mai/2014:** participação na DEBS 2014 (Mumbai, Índia)



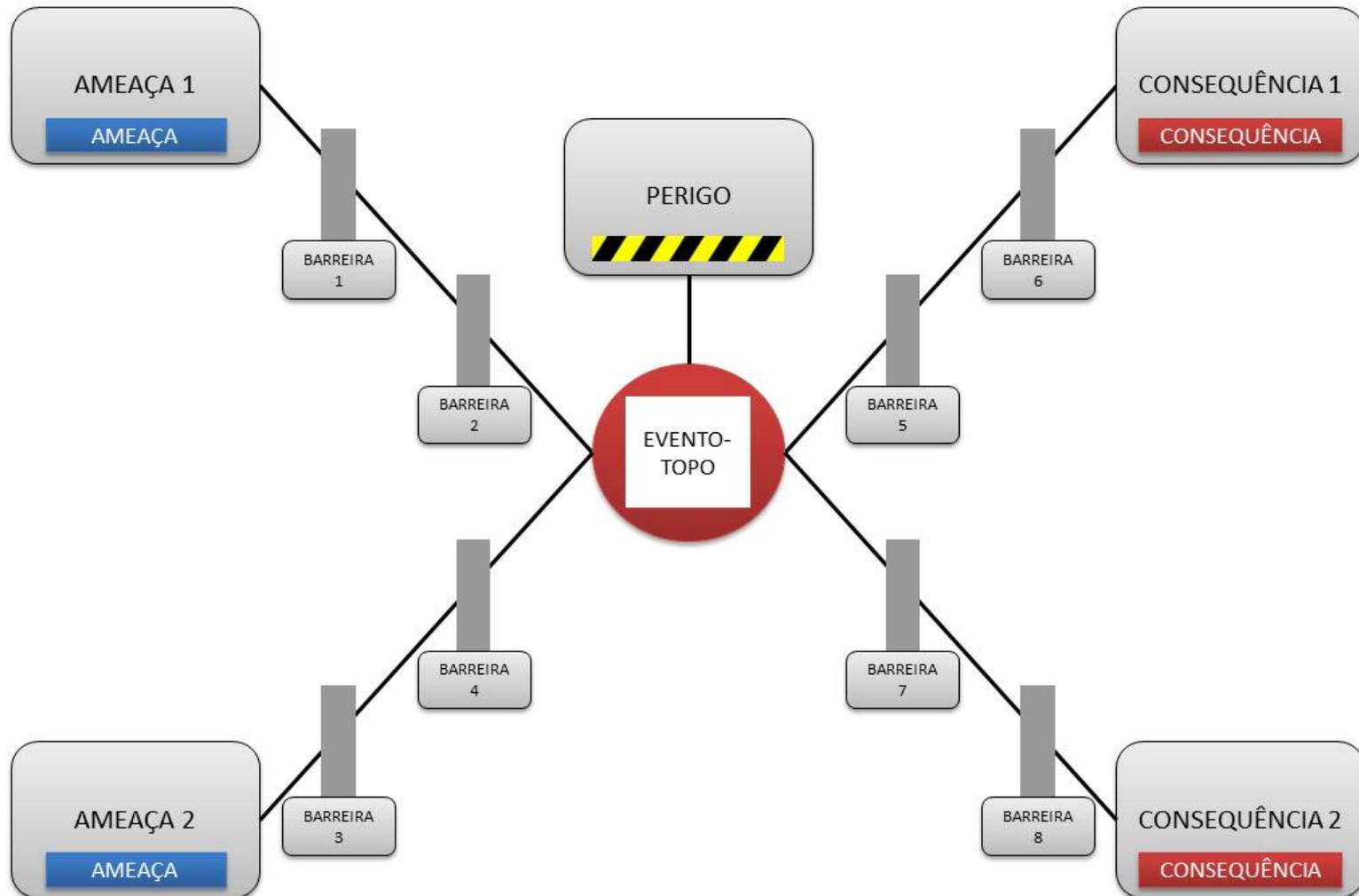
Introdução: Barreiras e Método *Bow-Tie*

ISO 17776



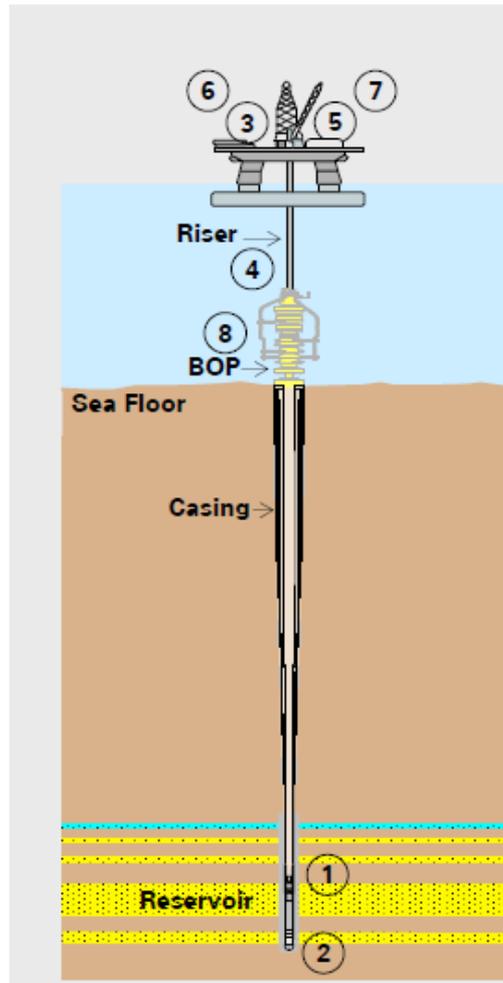
+ Barreiras (preventivas e mitigadoras) = *Bow-Tie* (“Gravata-Borboleta”)

Modelo de diagrama *bow-tie*



BP – Deepwater Horizon (2010)

Sequência de falhas em oito barreiras



Well integrity was not established or failed

- 1 Annulus cement barrier did not isolate hydrocarbons
- 2 Shoe track barriers did not isolate hydrocarbons

Hydrocarbons entered the well undetected and well control was lost

- 3 Negative pressure test was accepted although well integrity had not been established
- 4 Influx was not recognized until hydrocarbons were in riser
- 5 Well control response actions failed to regain control of well

Hydrocarbons ignited on the *Deepwater Horizon*

- 6 Diversion to mud gas separator resulted in gas venting onto rig
- 7 Fire and gas system did not prevent hydrocarbon ignition

Blowout preventer did not seal the well

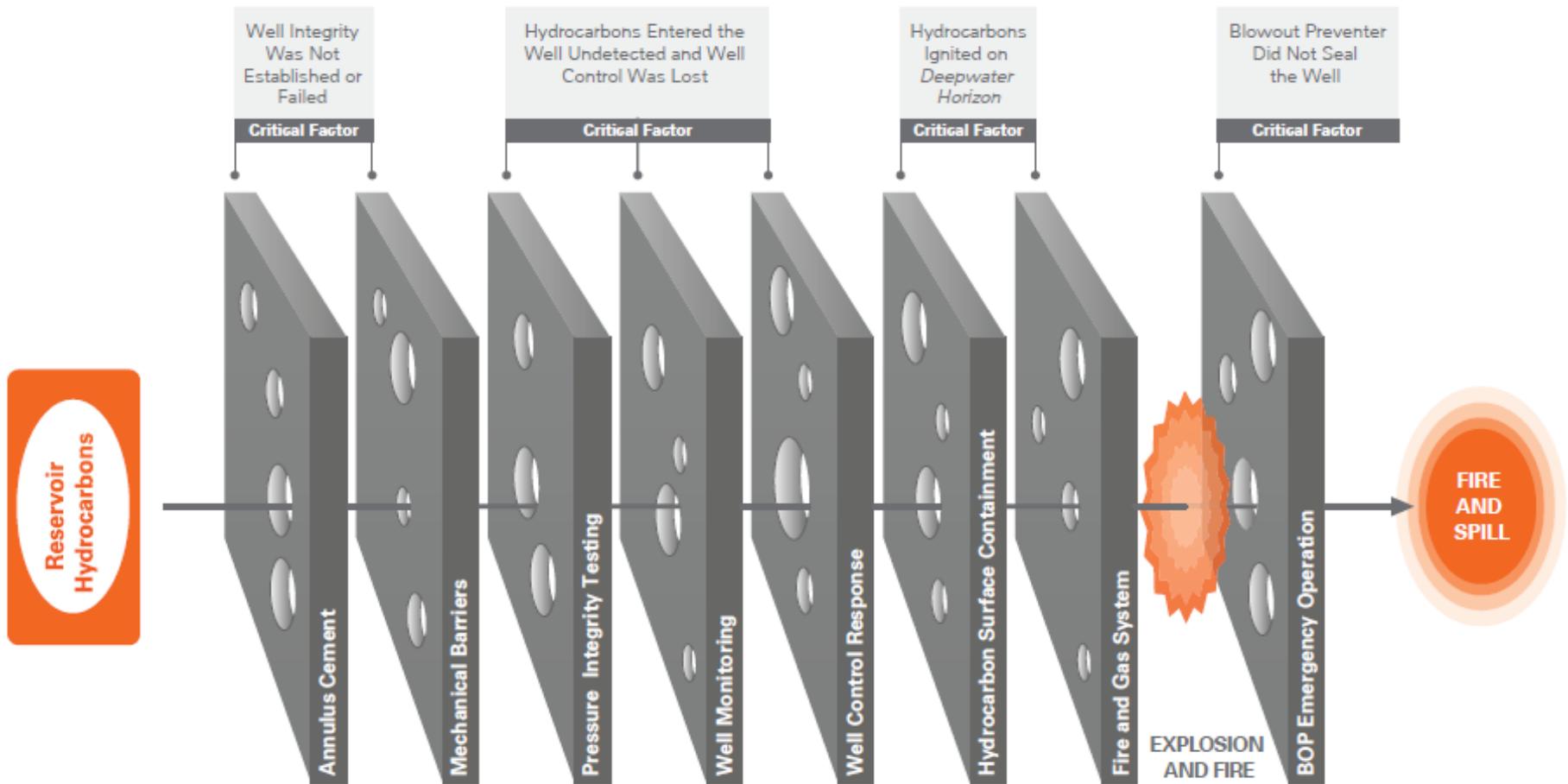
- 8 Blowout preventer (BOP) emergency mode did not seal well

Deepwater Horizon Accident Investigation 3

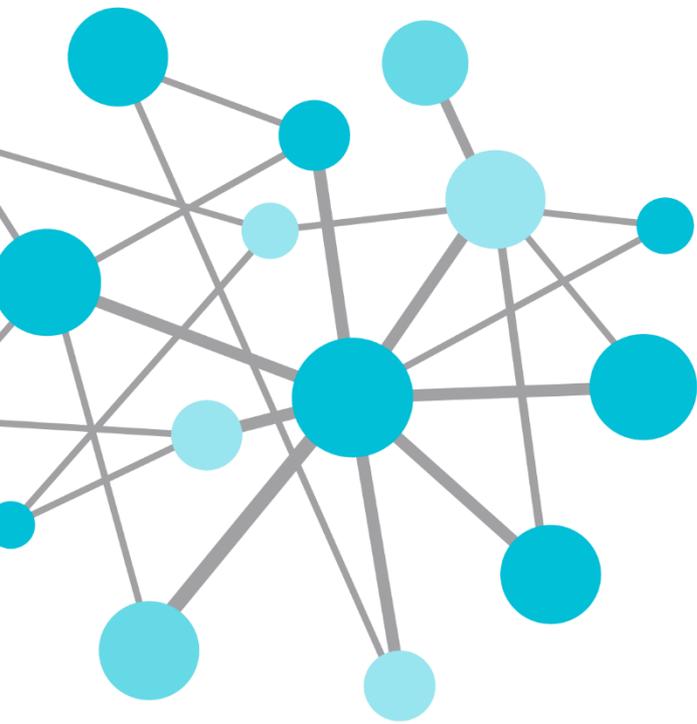
Fonte: BP (2010, p. 3)

BP – Deepwater Horizon (2010)

Modelo do queijo suíço



Fonte: BP (2010, p. 32)



Formulação do Problema

“The formulation of a problem is often more essential than its solution, which may be merely a matter of mathematical or experimental skill. To raise new questions, new possibilities, to regard old problems from a new angle, requires creative imagination and marks real advance in science.”

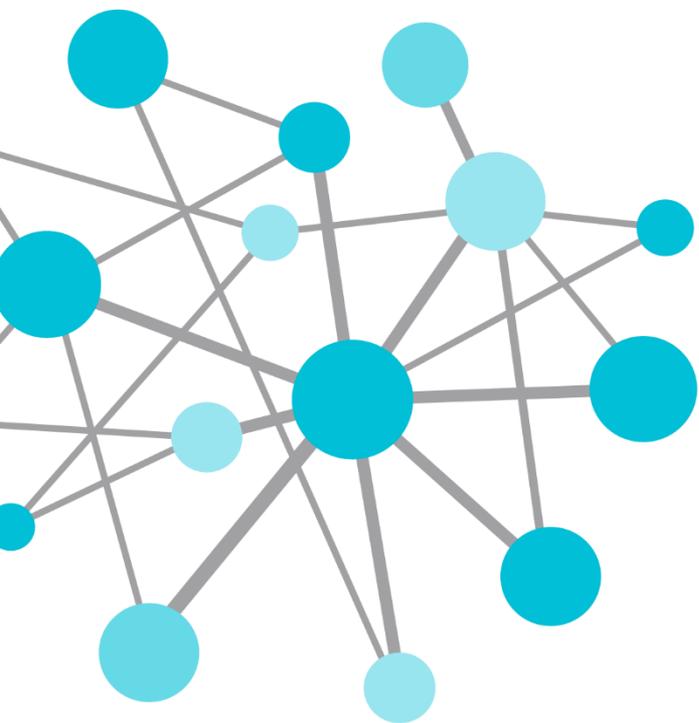
(EINSTEIN & INFELD, 1938)

Formulação do problema

- A forma como o conceito de barreira vem sendo aplicado não tem se mostrado totalmente eficaz para evitar a ocorrência de acidentes
- Na indústria de processo, pós-Macondo (...), é essencial que as empresas deixem de apenas demonstrar que conhecem o nível de risco a que os trabalhadores e o meio-ambiente estão expostos, passando a demonstrar que possuem barreiras adequadas e eficazes para gerenciar esse risco. (BOWER-WHITE, 2013)

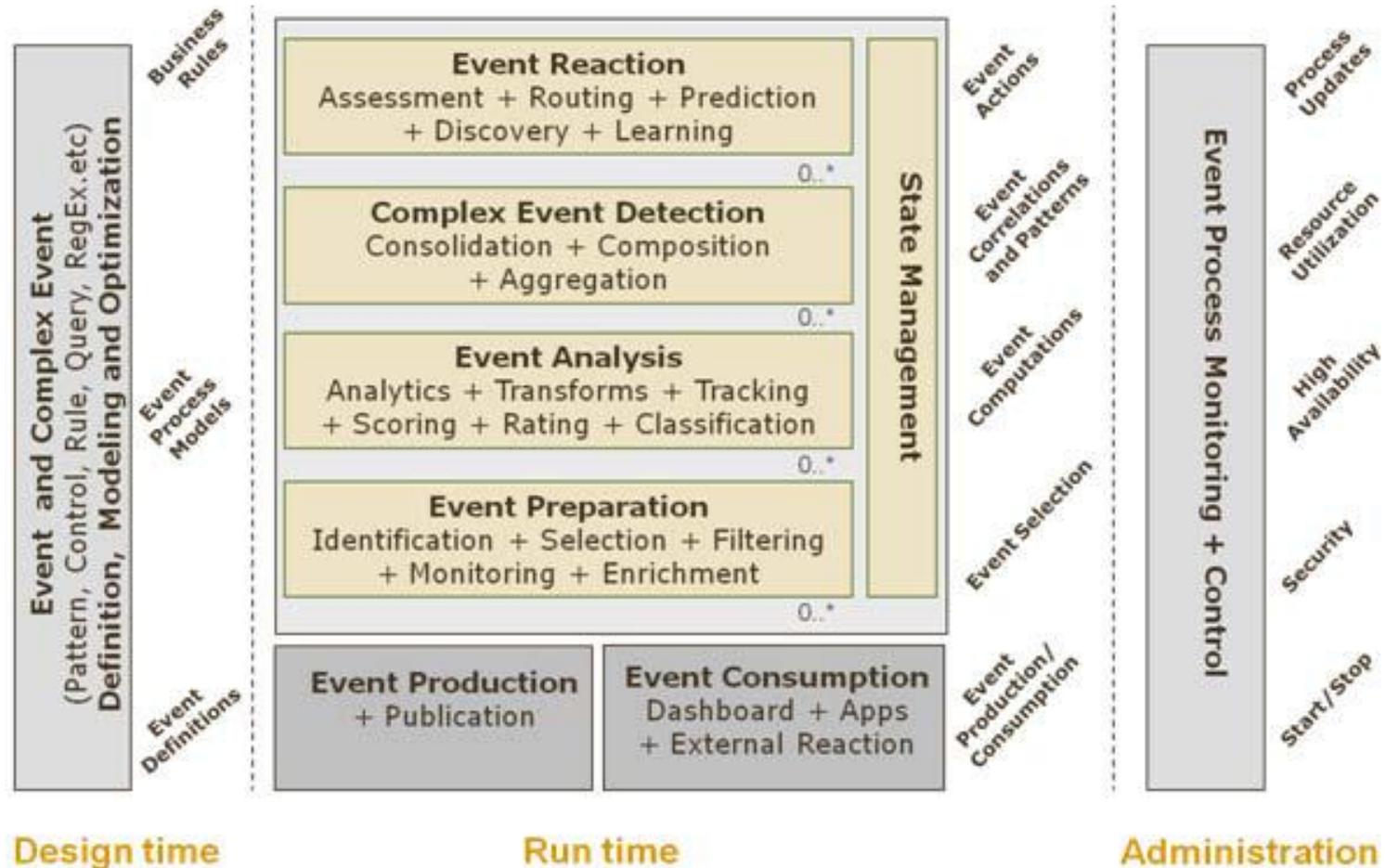
Formulação do problema

- **Monitoramento contínuo dos estados das barreiras** como forma de gerir os riscos operacionais de modo mais eficaz – **sem soluções concretas**
- Dificuldades
 - Informação sobre estados das barreiras podem ter origem em fontes diversas
 - Avaliação do estado atual de cada barreira é feita manualmente por pessoas ⇒ informações desatualizadas/imprecisas
- Alternativa
 - **Sistema de processamento de eventos** que provê a **atualização automática** dos estados das barreiras para permitir seu monitoramento contínuo
 - Visão constantemente atualizada da integridade das barreiras ⇒ **nível real dos riscos a que as operações estão sujeitas**



Arquitetura do Sistema de Processamento de Eventos

Arquitetura de Referência para Processamento de Eventos



Fonte: Vincent et al. (2012)

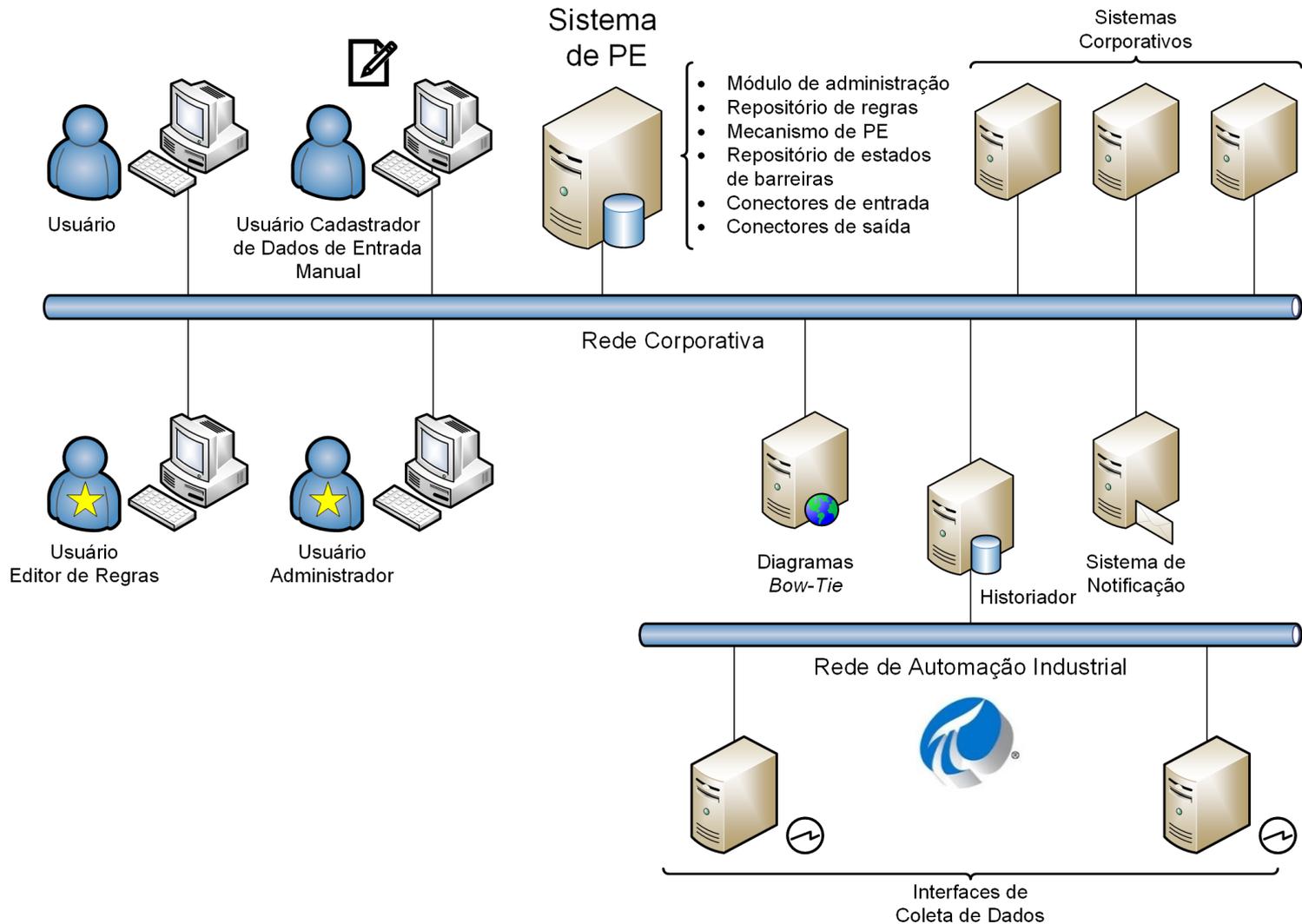
Regras de negócio e requisitos

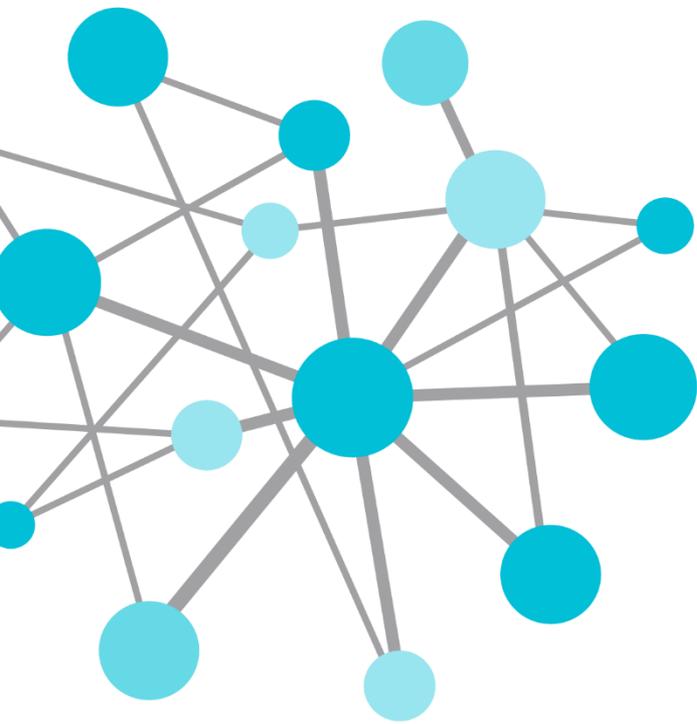
- Estados das barreiras: **Íntegra**, **Degradada**, **Vulnerável**
- Regras: **expressões booleanas + estados**
 - Expressões são avaliadas de acordo com a ordem de precedência estabelecida pelo usuário
 - Expressão verdadeira de maior precedência = **evento** (estado resultante)
 - Ao menos uma expressão verdadeira a qualquer tempo
- Características essenciais
 - Regras definidas e mantidas pelo próprio usuário final
 - Separação entre definição/processamento das regras e apresentação dos estados
 - *Timestamp*
 - *Drill-down*

Diagrama de blocos conceituais



Distribuição dos componentes





Implementação do Protótipo

Cenário: planta de processamento primário da plataforma “PPGF1”

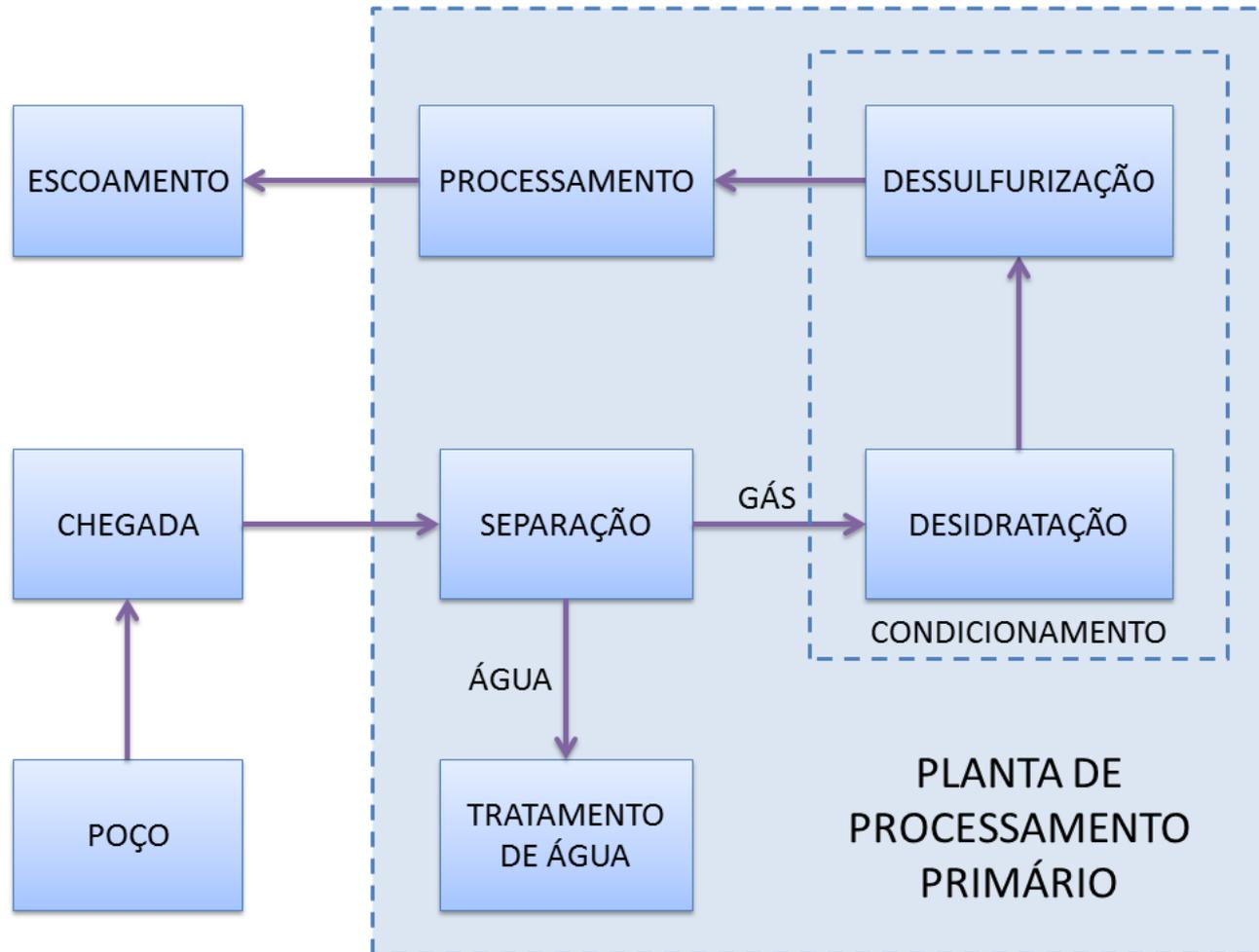
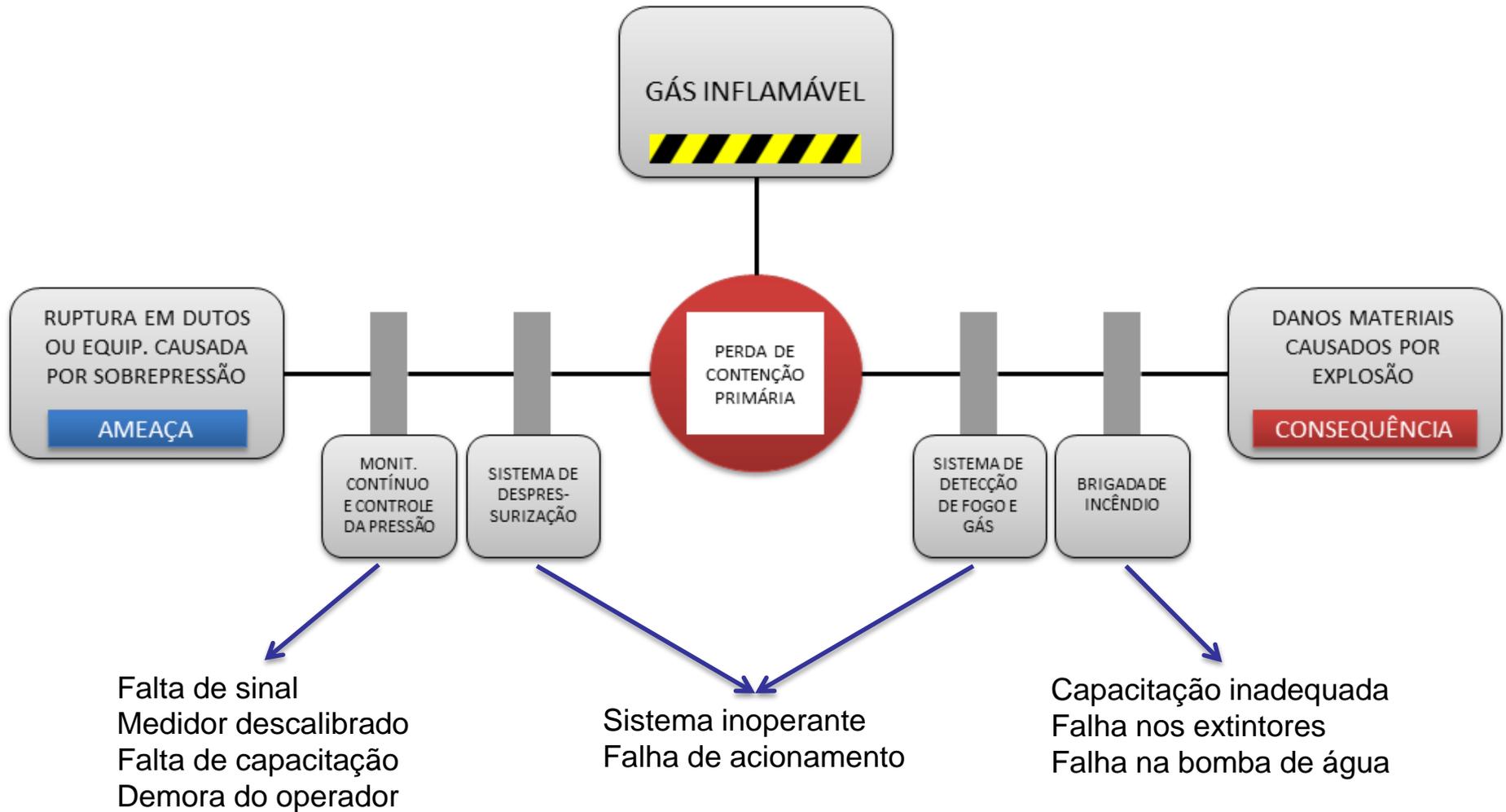
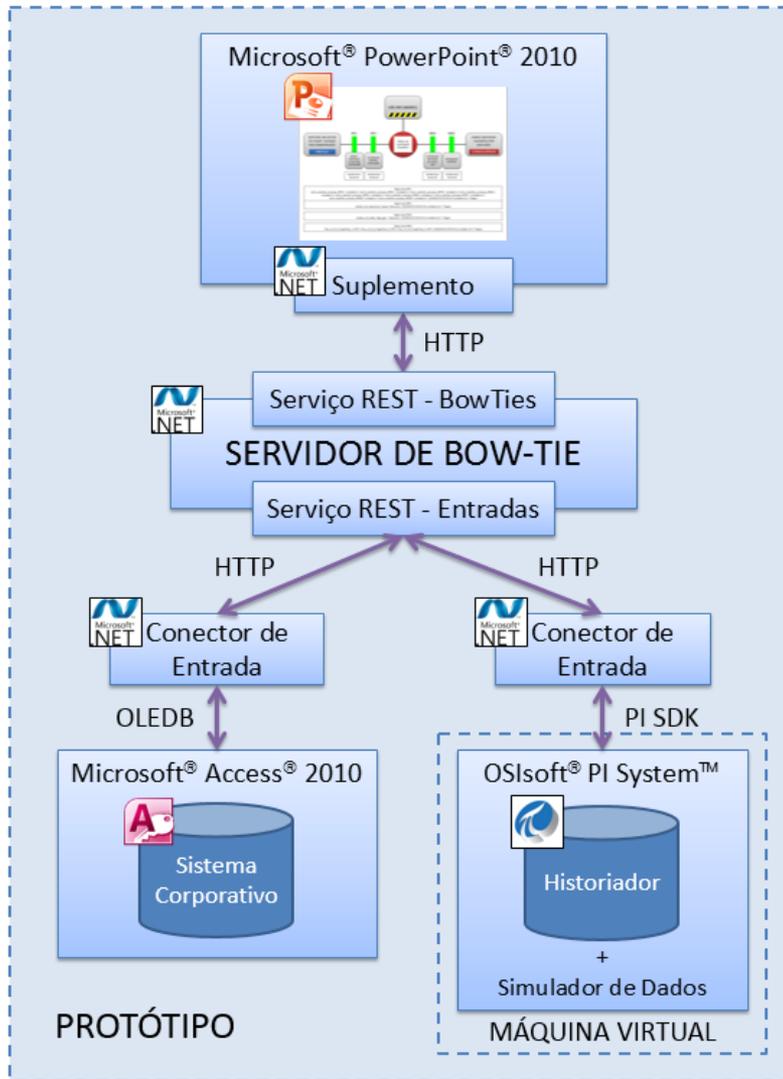


Diagrama *bow-tie* (hipotético) e identificação de vulnerabilidades



Arquitetura do protótipo

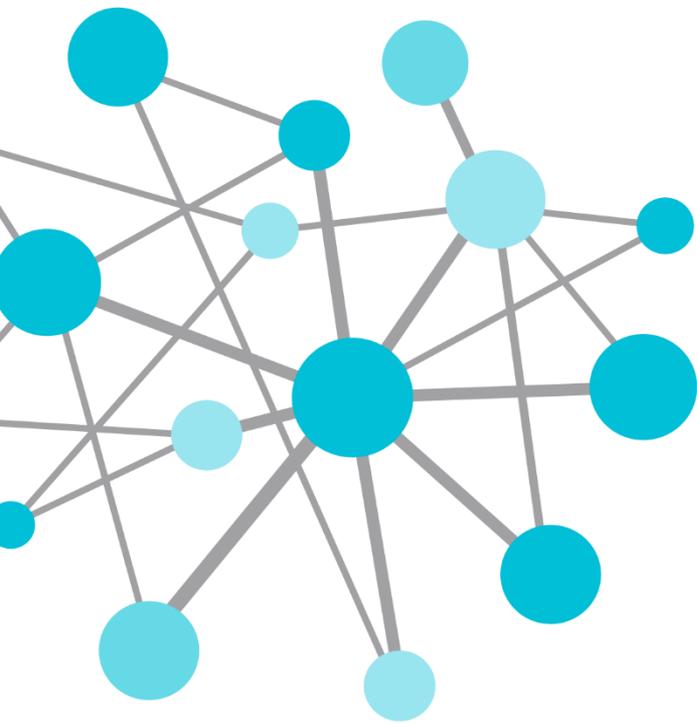


Suplemento do PowerPoint® busca dados do *bow-tie* continuamente no servidor, na frequência definida pelo usuário, e atualiza a cor das barreiras no diagrama

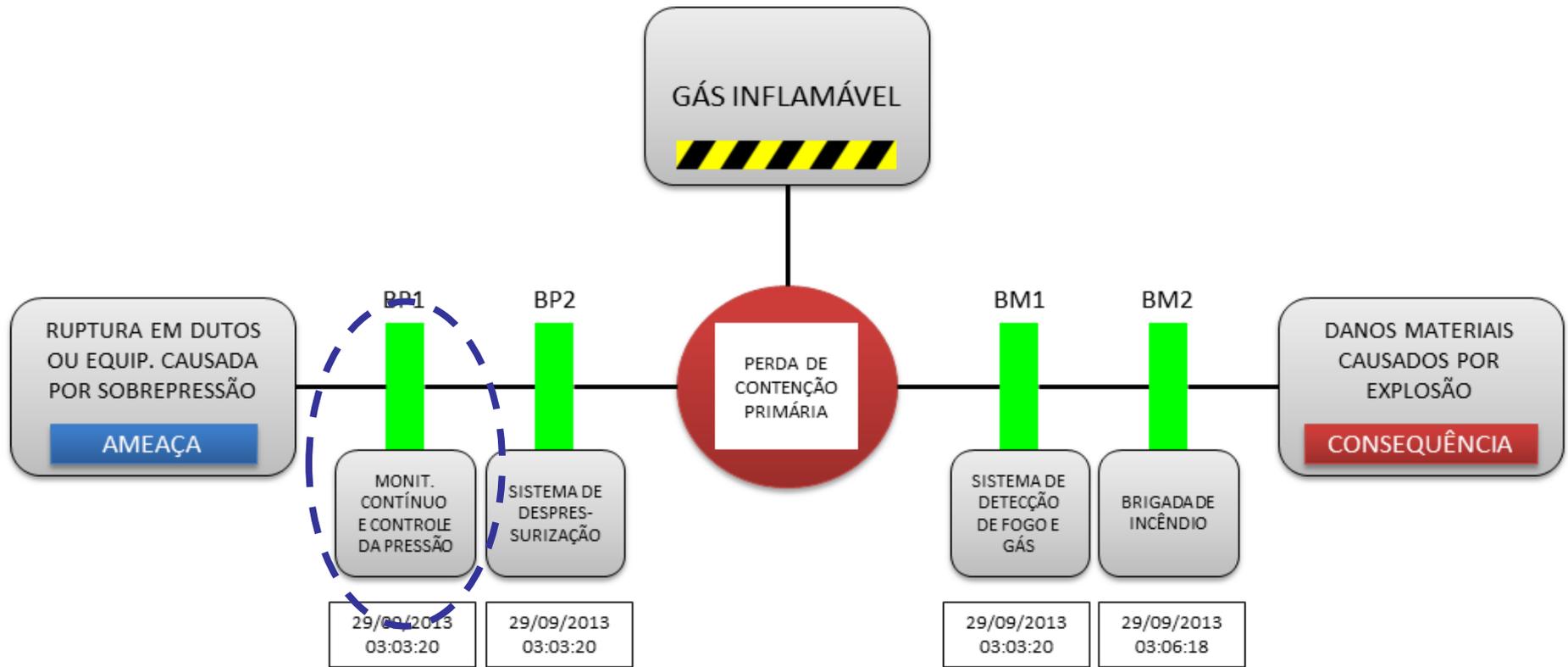
Novos valores de entrada disparam a reavaliação dos estados das barreiras assinantes por meio da reavaliação das expressões de suas regras

Conectores de entrada reportam atualizações de valores para o servidor

Fontes de dados



Execução do Protótipo



Regra atual BP1:
 $\text{ativo_medidor_pressao_MP01} = \text{verdadeiro} \wedge \text{ativo_medidor_pressao_MP02} = \text{verdadeiro} \wedge \text{ativo_medidor_pressao_MP03} = \text{verdadeiro} \wedge \text{ativo_medidor_pressao_MP04} = \text{verdadeiro} \wedge \text{ativo_medidor_pressao_MP05} = \text{verdadeiro} \wedge \text{ativo_medidor_pressao_MP06} = \text{verdadeiro} \wedge \text{ativo_medidor_pressao_MP07} = \text{verdadeiro} \wedge \text{ativo_medidor_pressao_MP08} = \text{verdadeiro} \wedge \text{ativo_medidor_pressao_MP09} = \text{verdadeiro} = [29/09/2013\ 03:03:20, \text{verdadeiro}] \Rightarrow \text{Íntegra}$

Regra atual BP2:
 $\text{estado_sist_despressurizacao} = \text{Operante} = [29/09/2013\ 03:03:20, \text{verdadeiro}] \Rightarrow \text{Íntegra}$

Regra atual BM1:
 $\text{estado_sist_detec_fogo_gas} = \text{Operante} = [29/09/2013\ 03:03:20, \text{verdadeiro}] \Rightarrow \text{Íntegra}$

Regra atual BM2:
 $\text{dias_ult_tre_brigadista_1} \leq 335 \wedge \text{dias_ult_tre_brigadista_3} \leq 335 \wedge \text{dias_ult_tre_brigadista_4} \leq 335 = [29/09/2013\ 03:06:18, \text{verdadeiro}] \Rightarrow \text{Íntegra}$

Exemplo 1

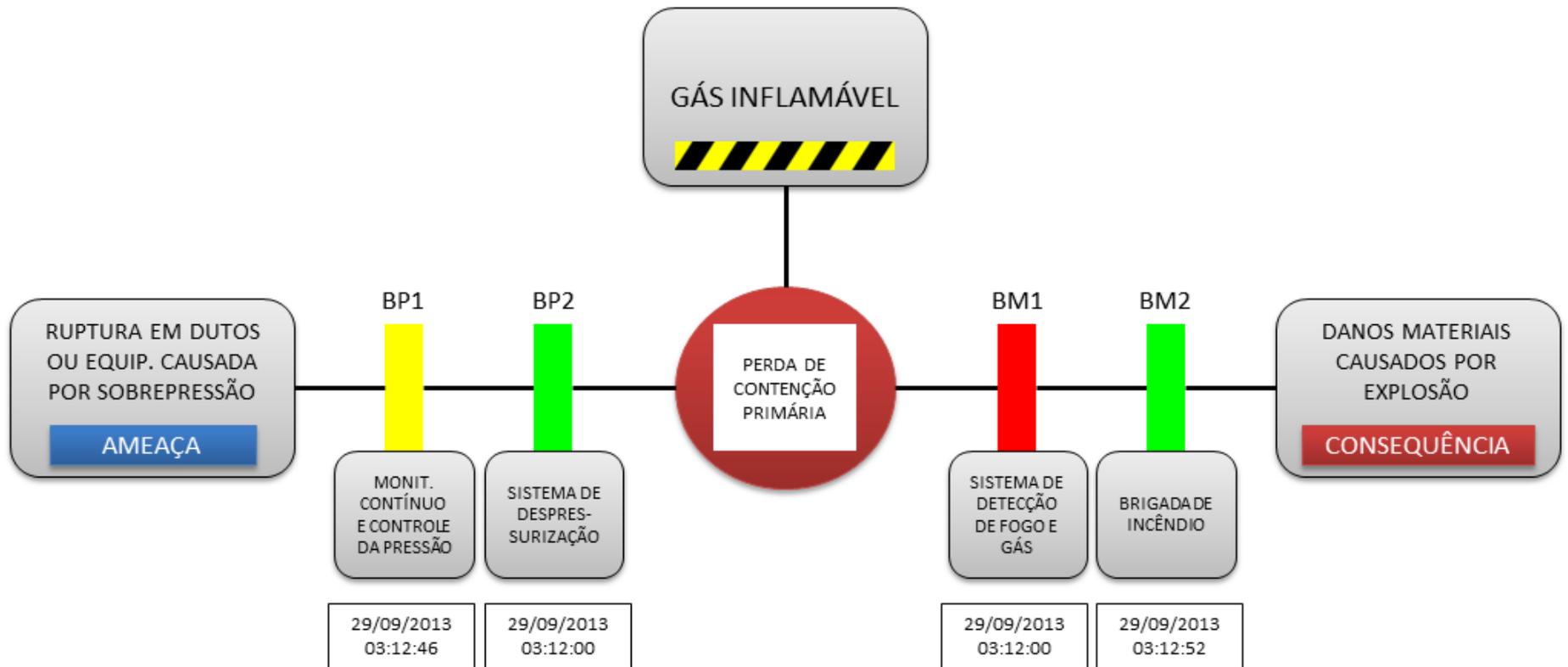
Barreira Preventiva 1 – Monitoramento Contínuo e Controle da Pressão

Vulnerabilidade: Demora do operador para controlar a pressão

Entrada externa	Significado	Fonte
tempo_alarme_ medidor_pressao_X	Se zero: o alarme do medidor de pressão “X” está inativo Se positivo: tempo (em segundos) transcorrido desde que o alarme do medidor de pressão “X” tornou-se ativo	PI System

Regras:

Operações	Expressão	Estado resultante	Evento correspondente
Ou / Maior que	tempo_alarme_ medidor_pressao_X > 90 (para todos os medidores de pressão)	Vulnerável	Pelo menos um dos alarmes dos medidores de pressão está ativo há mais de 1 minuto e meio
Ou / Maior que	tempo_alarme_ medidor_pressao_X > 60 (para todos os medidores de pressão)	Degradada	Pelo menos um dos alarmes dos medidores de pressão está ativo há mais de 1 minuto
E / Menor ou igual a	tempo_alarme_ medidor_pressao_X ≤ 60	Íntegra	Nenhum dos alarmes dos medidores de pressão está ativo há mais de 1 minuto



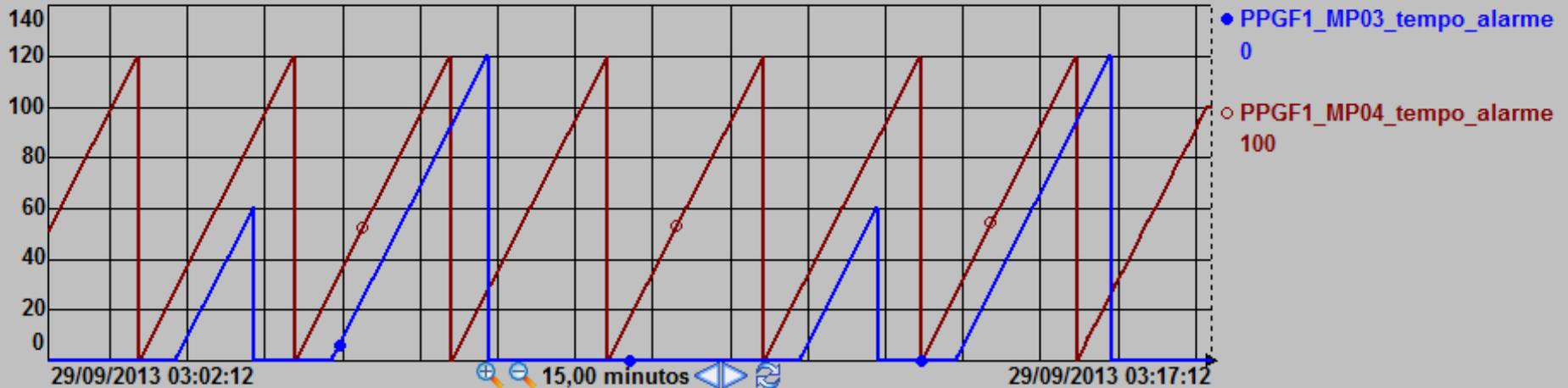
Regra atual BP1:
 $\text{tempo_alarme_medidor_pressao_MP01} > 60 \vee \text{tempo_alarme_medidor_pressao_MP02} > 60 \vee \text{tempo_alarme_medidor_pressao_MP03} > 60 \vee$
 $\text{tempo_alarme_medidor_pressao_MP04} > 60 \vee \text{tempo_alarme_medidor_pressao_MP05} > 60 \vee \text{tempo_alarme_medidor_pressao_MP06} > 60 \vee$
 $\text{tempo_alarme_medidor_pressao_MP07} > 60 \vee \text{tempo_alarme_medidor_pressao_MP08} > 60 \vee \text{tempo_alarme_medidor_pressao_MP09} > 60 = [29/09/2013 03:12:46, \text{verdadeiro}] \Rightarrow$
 Degradada

Regra atual BP2:
 $\text{estado_sist_despressurizacao} = \text{Operante} = [29/09/2013 03:12:00, \text{verdadeiro}] \Rightarrow$ Íntegra

Regra atual BM1:
 $\text{estado_sist_detec_fogo_gas} = \text{Inoperante} \vee \text{estado_sist_detec_fogo_gas} = \text{Falha} = [29/09/2013 03:12:00, \text{verdadeiro}] \Rightarrow$ Vulnerável

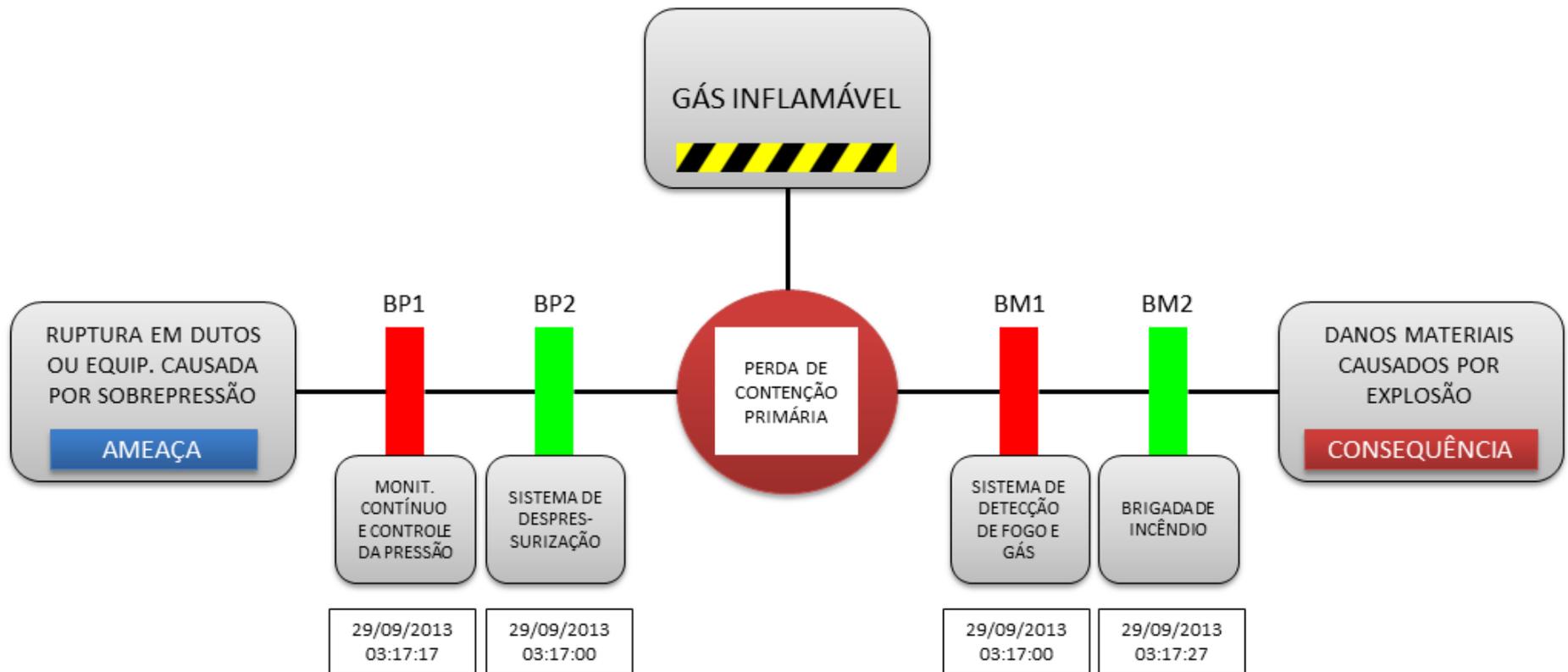
Regra atual BM2:
 $\text{dias_ult_tre_brigadista_1} \leq 335 \wedge \text{dias_ult_tre_brigadista_3} \leq 335 \wedge \text{dias_ult_tre_brigadista_4} \leq 335 = [29/09/2013 03:12:52, \text{verdadeiro}] \Rightarrow$ Íntegra

Tempo de Alarme do MP03 e MP04



● Tempo (s) que o alarme de pressão elevada do MP03 da PPGF1 está ativo

○ Tempo (s) que o alarme de pressão elevada do MP04 da PPGF1 está ativo



Regra atual BP1:
 $\text{tempo_alarmedidor_pressao_MP01} > 90 \vee \text{tempo_alarmedidor_pressao_MP02} > 90 \vee \text{tempo_alarmedidor_pressao_MP03} > 90 \vee$
 $\text{tempo_alarmedidor_pressao_MP04} > 90 \vee \text{tempo_alarmedidor_pressao_MP05} > 90 \vee \text{tempo_alarmedidor_pressao_MP06} > 90 \vee$
 $\text{tempo_alarmedidor_pressao_MP07} > 90 \vee \text{tempo_alarmedidor_pressao_MP08} > 90 \vee \text{tempo_alarmedidor_pressao_MP09} > 90 = [29/09/2013 03:17:17, \text{verdadeiro}] \Rightarrow$
 Vulnerável

Regra atual BP2:
 $\text{estado_sist_despressurizacao} = \text{Operante} = [29/09/2013 03:17:00, \text{verdadeiro}] \Rightarrow$ Íntegra

Regra atual BM1:
 $\text{estado_sist_detec_fogo_gas} = \text{Inoperante} \vee \text{estado_sist_detec_fogo_gas} = \text{Falha} = [29/09/2013 03:17:00, \text{verdadeiro}] \Rightarrow$ Vulnerável

Regra atual BM2:
 $\text{dias_ult_tre_brigadista_1} \leq 335 \wedge \text{dias_ult_tre_brigadista_3} \leq 335 \wedge \text{dias_ult_tre_brigadista_4} \leq 335 = [29/09/2013 03:17:27, \text{verdadeiro}] \Rightarrow$ Íntegra

Regras para determinação dos estados das barreiras – exemplo 2

Barreira Preventiva 1 – Monitoramento Contínuo e Controle da Pressão

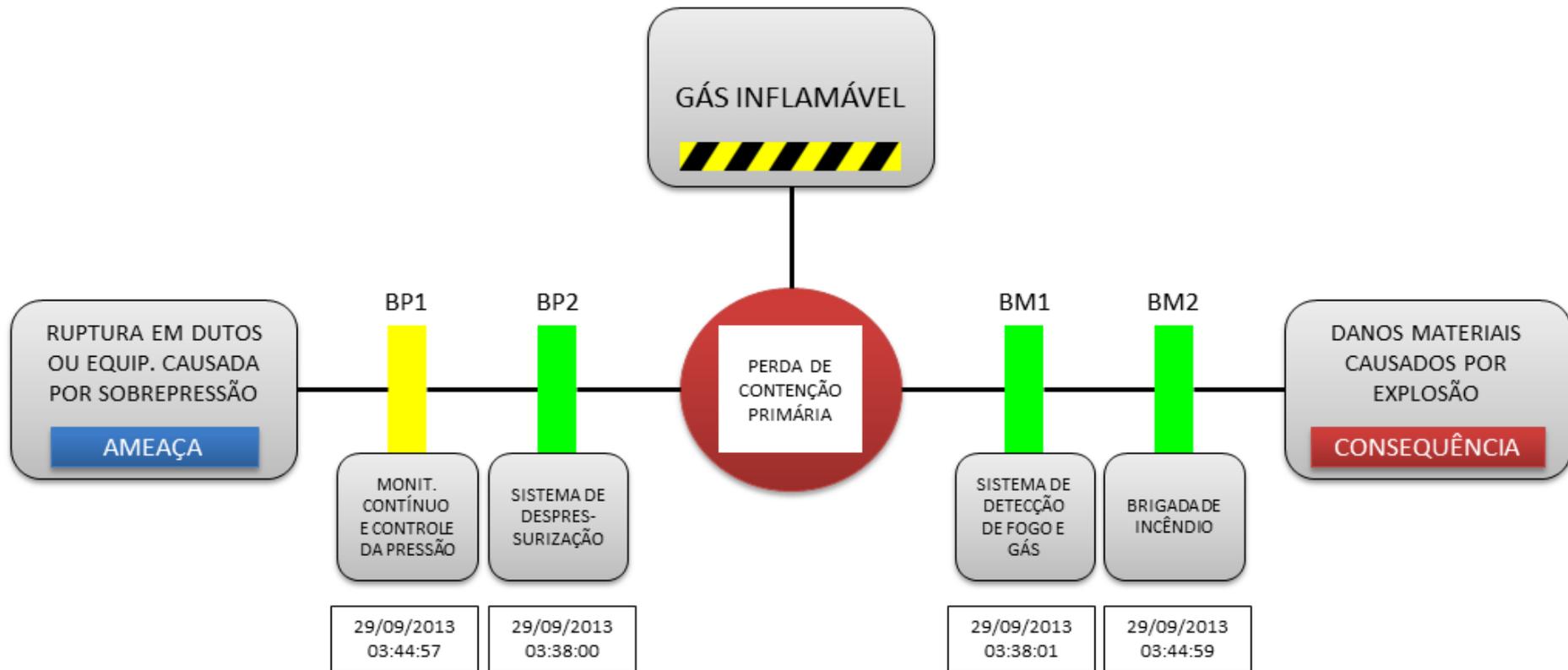
Vulnerabilidade: Medidor de pressão descalibrado

Entrada externa	Significado	Fonte
dias_manut_prev_mecedor_pressao_X	Se positivo ou zero: dias que faltam para a próxima manutenção preventiva do medidor de pressão “X” Se negativo: dias de atraso da manutenção preventiva do medidor de pressão “X”	Sistema Corporativo

Regras:

Operações	Expressão	Estado resultante	Evento correspondente
Ou / Menor que	dias_manut_prev_mecedor_pressao_X < 0 (para todos os medidores de pressão)	Vulnerável	Pelo menos um medidor de pressão está com a manutenção preventiva em atraso
Ou / Menor que	dias_manut_prev_mecedor_pressao_X < 15 (para todos os medidores de pressão)	Degradada	Faltam menos de 15 dias para a manutenção preventiva de pelo menos um medidor de pressão expirar
E / Maior ou igual a	dias_manut_prev_mecedor_pressao_X ≥ 15 (para todos os medidores de pressão)	Íntegra	Todos os medidores de pressão estão com a manutenção preventiva em dia

Nome ▾	Descricao ▾	Prox_Manut_Prev ▾	Data
BA01	Bomba de água da plataforma PPGF1	31/10/2013	
MP01	Medidor de pressão na chegada	31/12/2013	
MP02	Medidor de pressão no vaso separador	31/12/2013	
MP03	Medidor de pressão na saída do vaso separador	31/12/2013	
MP04	Medidor de pressão no desidratador	31/10/2013	
MP05	Medidor de pressão na saída do desidratador	31/12/2013	
MP06	Medidor de pressão no dessulfurizador	10/10/2013	
MP07	Medidor de pressão na saída do dessulfurizador	31/10/2013	
MP08	Medidor de pressão na UPGN	31/10/2013	
MP09	Medidor de pressão na saída da UPGN	31/12/2013	



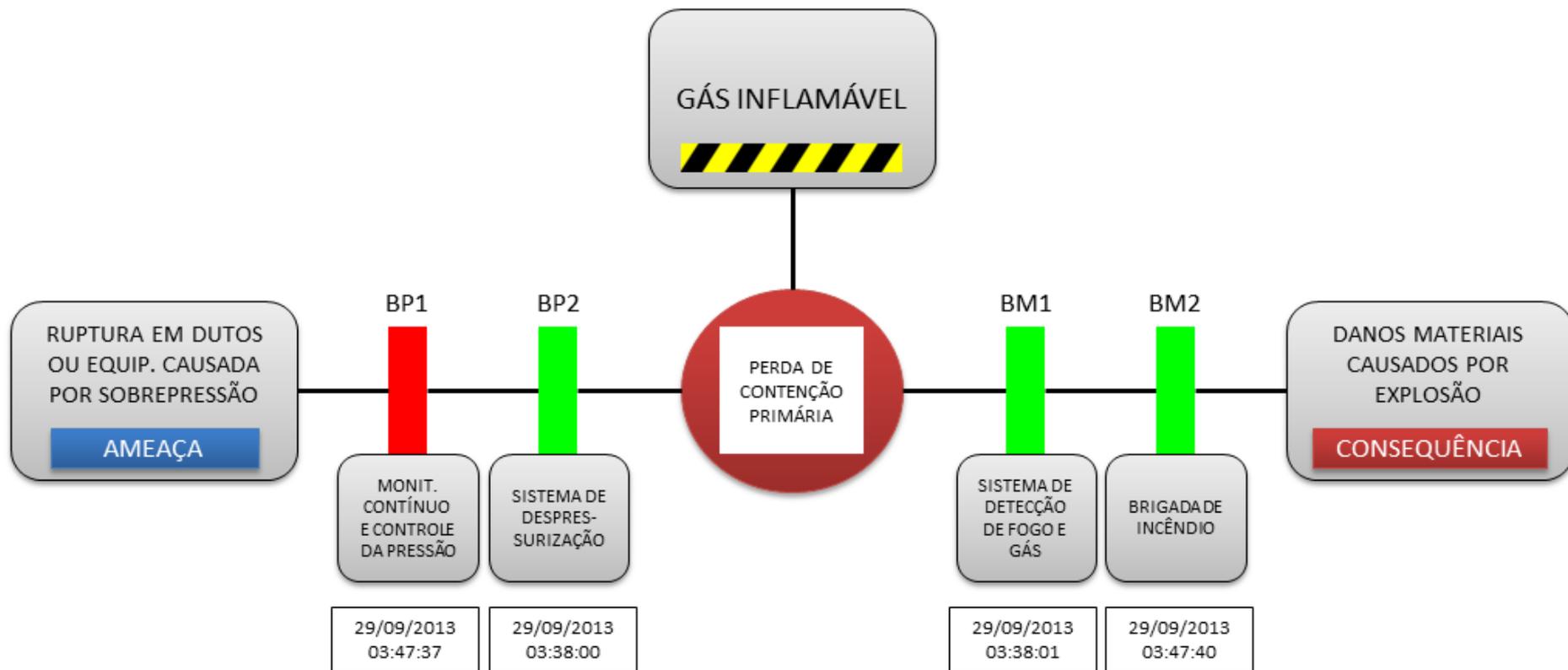
Regra atual BP1:
 $dias_manut_prev_medidor_pressao_MP01 < 15 \vee dias_manut_prev_medidor_pressao_MP02 < 15 \vee dias_manut_prev_medidor_pressao_MP03 < 15 \vee$
 $dias_manut_prev_medidor_pressao_MP04 < 15 \vee dias_manut_prev_medidor_pressao_MP05 < 15 \vee dias_manut_prev_medidor_pressao_MP06 < 15 \vee$
 $dias_manut_prev_medidor_pressao_MP07 < 15 \vee dias_manut_prev_medidor_pressao_MP08 < 15 \vee dias_manut_prev_medidor_pressao_MP09 < 15 = [29/09/2013\ 03:44:57,$
 verdadeiro] => Degradada

Regra atual BP2:
 $estado_sist_despressurizacao = Operante = [29/09/2013\ 03:38:00, verdadeiro] => Íntegra$

Regra atual BM1:
 $estado_sist_detec_fogo_gas = Operante = [29/09/2013\ 03:38:01, verdadeiro] => Íntegra$

Regra atual BM2:
 $dias_ult_tre_brigadista_1 \leq 335 \wedge dias_ult_tre_brigadista_3 \leq 335 \wedge dias_ult_tre_brigadista_4 \leq 335 = [29/09/2013\ 03:44:59, verdadeiro] => Íntegra$

Nome ▾	Descricao ▾	Prox_Manut_Prev ▾	Da
BA01	Bomba de água da plataforma PPGF1	31/10/2013	
MP01	Medidor de pressão na chegada	31/12/2013	
MP02	Medidor de pressão no vaso separador	31/12/2013	
MP03	Medidor de pressão na saída do vaso separador	31/12/2013	
MP04	Medidor de pressão no desidratador	31/10/2013	
MP05	Medidor de pressão na saída do desidratador	31/12/2013	
MP06	Medidor de pressão no dessulfurizador	10/10/2013	
MP07	Medidor de pressão na saída do dessulfurizador	31/10/2013	
MP08	Medidor de pressão na UPGN	31/08/2013	
MP09	Medidor de pressão na saída da UPGN	31/12/2013	



Regra atual BP1:
 $dias_manut_prev_medidor_pressao_MP01 < 0 \vee dias_manut_prev_medidor_pressao_MP02 < 0 \vee dias_manut_prev_medidor_pressao_MP03 < 0 \vee$
 $dias_manut_prev_medidor_pressao_MP04 < 0 \vee dias_manut_prev_medidor_pressao_MP05 < 0 \vee dias_manut_prev_medidor_pressao_MP06 < 0 \vee$
 $dias_manut_prev_medidor_pressao_MP07 < 0 \vee dias_manut_prev_medidor_pressao_MP08 < 0 \vee dias_manut_prev_medidor_pressao_MP09 < 0 = [29/09/2013 03:47:37,$
 verdadeiro] => Vulnerável

Regra atual BP2:
 $estado_sist_despressurizacao = Operante = [29/09/2013 03:38:00, verdadeiro] => Íntegra$

Regra atual BM1:
 $estado_sist_detec_fogo_gas = Operante = [29/09/2013 03:38:01, verdadeiro] => Íntegra$

Regra atual BM2:
 $dias_ult_tre_brigadista_1 \leq 335 \wedge dias_ult_tre_brigadista_3 \leq 335 \wedge dias_ult_tre_brigadista_4 \leq 335 = [29/09/2013 03:47:40, verdadeiro] => Íntegra$

Conclusão

- A técnica de Processamento de Eventos constitui uma alternativa viável para permitir o monitoramento contínuo dos estados das barreiras dos diagramas *bow-tie* (execução do protótipo foi bem-sucedida)
- Sistema apenas não é suficiente para aumentar a segurança operacional, precisa estar vinculado a:
 - Método de gestão de riscos
 - Engajamento dos engenheiros para formular regras de monitoramento corretas
 - Processo de negócio
- Sugestões para pesquisas futuras
 - Aplicação a cenários de negócio reais na indústria de E&P ou outras
 - Aspectos de segurança, desempenho e concorrência
 - Aplicação a outros métodos de gestão de riscos baseados em barreiras (E&P/outras)

Referências

- BOWER-WHITE, G. Demonstrating adequate management of risk: the move from quantitative to qualitative risk assessments. In: SPE EUROPEAN HSE CONFERENCE AND EXHIBITION, 2013, London, UK. **Proceedings...** Richardson: Society of Petroleum Engineers, 2013.
- BP. **Deepwater Horizon Accident Investigation Report**. 8 set. 2010. Disponível em: <http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/gom_response/S_TAGING/local_assets/downloads_pdfs/Deepwater_Horizon_Accident_Investigation_Report.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2012.
- _____. **Deepwater Horizon Investigation**. Disponível em: <http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/gom_response/S_TAGING/local_assets/downloads_pdfs/Deepwater_Horizon_Accident_Investigation_static_presentation.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2012.
- EINSTEIN, A.; INFELD, L. **The evolution of Physics**: the growth of ideas from early concepts to relativity and quanta. Cambridge: University Press, 1938.
- VINCENT, P. et al. Tutorial on advanced design patterns in event processing. In: ACM INTERNATIONAL CONFERENCE ON DISTRIBUTED EVENT-BASED SYSTEMS, 6., 2012, Berlim, Alemanha. **Proceedings...** New York: ACM, 2012.

Acesso online à dissertação e ao artigo

- Dissertação – página do IPT
 - http://www.ipt.br/pos_graduacao_ipt/mestrados_profissionais/dissertacoes
 - Dissertações de Engenharia de Computação

22	<input type="checkbox"/>	Saad, Sergio Sami	Uma arquitetura de processamento de eventos para gestão de riscos operacionais em ambiente indus	2013	Dissertacao 004.273(043) 5188u
----	--------------------------	-------------------	--	------	--------------------------------

- Artigo – *proceedings* da DEBS 2014 na ACM Digital Library
 - <http://dx.doi.org/10.1145/2611286.2611307>

The screenshot shows the ACM Digital Library interface. At the top left is the logo 'ACM DL DIGITAL LIBRARY'. On the top right, there are links for 'SIGN IN' and 'SIGN UP', and a search bar with a 'SEARCH' button. The main content area features the article title 'An event processing architecture for operational risk management in an industrial environment'. Below the title, it says 'Full Text: PDF Buy this Article'. The authors listed are Sergio Saad (Cidade Universitária - São Paulo/SP - Brazil) and Reginaldo Arakaki (Cidade Universitária - São Paulo/SP - Brazil). It is published in 'Proceeding DEBS '14 Proceedings of the 8th ACM International Conference on Distributed Event-Based Systems'. To the right, there is a 'Tools and Resources' sidebar with links for 'Buy this Article', 'Request Permissions', 'TOC Service: Email RSS RSS', 'Save to Binder', and 'Export Formats'. Below the article title, there is a '2014 Article' badge and a 'Bibliometrics' section showing 'Downloads (6 Weeks): 11' and 'Downloads (12 Months): 31'.

Sergio Saad

PETROBRAS

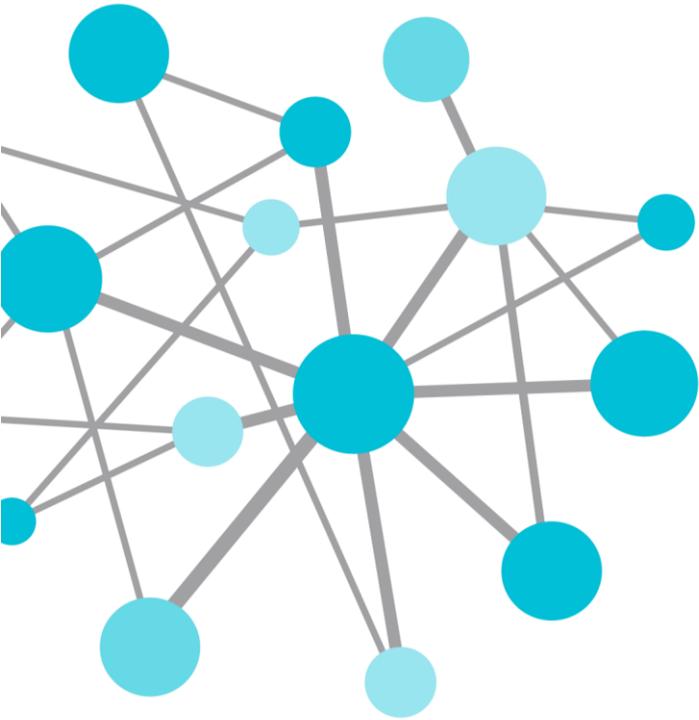


Perguntas?

Agradecimentos:

Prof. Dr. Reginaldo Arakaki (Orientador) / USP





THANK
YOU

Brought to you by  **OSIsoft.**