

Alertas Inteligentes: Desenvolvimento de Software para Otimização dos Dados de Monitoração

Patrick Marcel Dherte ¹, Mariana Pires Gentil Negrão ², Silvio Mori Neto ³, Rafael Holzhacker ⁴,
Vanessa Shimada ⁵, Paula Taberner ⁶, Maria José Carvalho Carmona, TSA ⁷

Resumo: Dherte PM, Negrão MPG, Mori Neto S, Holzhacker R, Shimada V, Taberner P, Carmona MJC – Alertas Inteligentes: Desenvolvimento de Software para Otimização dos Dados de Monitoração.

Justificativa e objetivos: A monitoração é útil no acompanhamento dos parâmetros vitais e na prevenção, diagnóstico e tratamento de eventos adversos em anestesia. Os alarmes, embora úteis na monitoração, podem causar perigosa dessensibilização do usuário. Objetivou-se descrever o desenvolvimento de software específico para a integração de parâmetros de monitoração intraoperatória, gerando “alertas inteligentes” que podem auxiliar na tomada de decisões, além de indicar possíveis diagnósticos e tratamentos.

Método: Projetou-se um sistema que permitisse flexibilidade na definição dos alertas, combinando os alarmes individuais dos parâmetros monitorados para gerar um alerta mais elaborado. Após o levantamento de um conjunto de alertas inteligentes considerados relevantes no ambiente cirúrgico, um protótipo foi obtido e avaliado, e as sugestões adicionais foram implementadas no produto final. Para verificação da ocorrência dos alertas inteligentes, o sistema foi submetido a testes com dados previamente obtidos durante monitoração intraoperatória de 64 pacientes. O sistema desenvolvido permite a análise contínua do conjunto de parâmetros monitorados, verificando a ocorrência dos alertas inteligentes definidos na interface do usuário.

Resultados: Com o uso do sistema, verificou-se uma potencial redução de 92% dos alarmes. Notou-se que, na maioria das situações em que não foram gerados alertas, os alarmes individuais não representavam situações de risco ao paciente.

Conclusões: A implementação de ferramentas de software possibilita a integração de dados de monitoração e geram informações como eventuais diagnósticos ou intervenções. Verificou-se uma redução potencial expressiva na quantidade de alarmes durante a anestesia. As informações exibidas pelo sistema, algumas vezes, podem ser mais úteis que a análise de parâmetros isolados.

Unitermos: COMPUTADOR, Engenharia de software, CDS; EQUIPAMENTOS: Alarmes Clínicos; MONITORIZAÇÃO, Intraoperatório.

[Rev Bras Anesthesiol 2011;61(1): 72-80] ©Elsevier Editora Ltda.

INTRODUÇÃO

A monitoração tem papel importante no acompanhamento da evolução da anestesia e no auxílio a prevenção, diagnóstico e tratamento de eventos adversos, sendo a monitoração mínima de uma derivação eletrocardiográfica, da pressão arterial e da oximetria de pulso, além da capnografia em pacientes submetidos a ventilação mecânica, considerada obrigatória

durante anestesia e regulamentada por legislação específica sobre o assunto (Resolução CFM nº 1.802/06).

Cada monitor dispõe um sistema de alarmes configurado para disparar com diferentes níveis de gravidade, em geral sonoro e/ou luminoso, quando os dados monitorados se afastam de valores preestabelecidos ou quando alguma falha no equipamento é detectada. Os alarmes individuais não integrados tendem a criar situações de caos acústico ¹ que podem não apenas ser incômodas, mas também comprometer a qualidade e a segurança dos cuidados ao paciente ².

Além disso, diversos estudos revelam uma elevada taxa de falsos alarmes, que podem atingir índices superiores a 90% ^{2,3}. Um estudo mostrou que, de 1.455 alarmes disparados, apenas 8 representaram risco crítico e risco potencial à vida do paciente ⁴. Outro estudo sugere que os alarmes somente indicam risco ao paciente em 3% dos casos em que são disparados e, em 75% dos casos, os alarmes são falsos. Isso foi mostrado em uma pesquisa de 50 operações diferentes ⁵. O que se pode extrair desses estudos é que a maioria de todos os alarmes baseados em limites tem pouco ou nenhum impacto nos cuidados dos pacientes críticos ^{2,3}.

A grande incidência de falsos alarmes resulta em uma perigosa dessensibilização dos profissionais da área da saúde em relação aos alarmes verdadeiros ³. Um estudo sugere até que anestesiológicos frequentemente desligam os alarmes devido à inaceitável e elevada taxa de alarmes espúrios ⁶. Nesse cenário, fica evidente que o desenvolvimento

Recebido pelo Programa de Residência Médica em Anestesiologia do Hospital das Clínicas (HC) da Faculdade de Medicina (FM) da Universidade de São Paulo (USP) – HCFMUSP.

1. Engenheiro Eletricista pela Escola Politécnica da USP; Engenheiro de Desenvolvimento da Dixtal

2. Graduanda em Engenharia Elétrica pela Escola Politécnica da USP; Estagiária de Desenvolvimento da Dixtal

3. Bacharel em Ciências de Computação pela Universidade Federal de São Carlos; Coordenador de Desenvolvimento da Dixtal

4. Mestrado em Engenharia e Administração pelo Massachusetts Institute of Technology; Engenheiro Elétrico pela Escola Politécnica da USP; Gerente Sênior de P&D da Dixtal

5. MBA em Conhecimento Tecnologia e Inovação pela Fundação Instituto de Administração; Engenheira Elétrica pela Escola Politécnica da USP; Gerente de P&D da Dixtal

6. Médica do Programa de Residência Médica em Anestesiologia do HCFMUSP

7. Médica; Professora Livre-Docente Associada da Disciplina de Anestesiologia da FMUSP; Diretora da Divisão de Anestesia do Instituto Central do HCFMUSP.

Submetido em 9 de agosto de 2010

Aprovado para publicação em 12 de agosto de 2010

Correspondência para:

Dra. Maria José Carvalho Carmona

Divisão de Anestesia do ICHC

Av. Enéas Carvalho de Aguiar, 255 – 8º andar

Cerqueira César

05403-900 – São Paulo, SP

E-mail: taberner@yahoo.com

dos sistemas de alarme necessita urgentemente de grandes melhorias³.

O objetivo deste estudo foi descrever o desenvolvimento de um software de “alertas inteligentes” baseados na integração de dados de parâmetros de monitoração durante anestesia e em um conjunto de regras configuráveis pelo anestesiológista. Esses alertas fornecem informações importantes sobre o estado do paciente e eventuais situações de risco, que não são claramente evidenciadas pela presença dos alarmes individuais dos parâmetros. Essa utilização de múltiplas variáveis também pode ser uma maneira de eliminar falsos alarmes, como mostra Ali e col.⁷

MÉTODO

O estudo atual foi desenvolvido em ambiente laboratorial, com simulação dos dados de monitoração e sem estudo específico em pacientes. Desenvolveu-se um software específico para a integração dos dados de monitoração e indicação de possíveis diagnósticos, conforme alteração de parâmetro específico ou de associação de parâmetros. Esse tipo de software se enquadra nos sistemas de suporte à decisão, também conhecidos como *Clinical Decision Support* (CDS).

Um sistema CDS é qualquer software desenvolvido para auxiliar diretamente uma decisão clínica. Em tal sistema, características individuais de pacientes são comparadas com uma base de dados com o propósito de gerar alarmes, checklists e até possíveis diagnósticos ou intervenções que são apresentados ao clínico. Esses sistemas podem melhorar o desempenho no que diz respeito a dosagem de medicamentos, tratamentos preventivos e até diagnósticos⁸. De fato, acredita-se que esses sistemas podem aumentar a eficiência e melhorar a qualidade do cuidado ao paciente⁹. Em um estudo bastante conhecido nessa área, Westenskow e col.¹⁰ mostraram o efeito de alarmes inteligentes no tempo de resposta dos anestesiológos, embora esse tipo de sistema ainda não seja largamente desenvolvido, uma vez que requer conhecimentos de programação de softwares e de integração com a área clínica⁵.

O ciclo de desenvolvimento de um projeto tecnológico inclui a definição de requisitos, o desenvolvimento, a verificação de requisitos (testes) e a validação em uso ou ambiente simulado¹⁰. Uma equipe de especialistas em anestesiologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo envolveu-se no processo e na etapa de definição das regras que seriam configuradas para os alertas, após o sistema pronto. A equipe foi envolvida também na validação em ambiente simulado.

A partir de levantamento inicial dos dados obrigatórios de monitoração, a equipe de especialistas realizou o levantamento das eventuais integrações de alarmes com significado clínico. A equipe de desenvolvimento de software se encarregou de implementar o sistema que realiza a análise dos dados captados pelos equipamentos de monitoração e exibe as mensagens de suporte à decisão definidas para cada alerta.

O protótipo obtido foi avaliado pela equipe de especialistas e sugestões adicionais foram implementadas no produto final.

O sistema desenvolvido analisa, de forma contínua, o conjunto de parâmetros monitorados, verificando a ocorrência dos alertas definidos na interface do usuário e foi projetado de modo que o anestesiológista tenha bastante flexibilidade na definição dos alertas.

O disparo de um alerta é definido por uma ou mais regras lógicas combinadas pelos operadores “OR” e/ou “AND”. Cada regra é, por sua vez, formada por um parâmetro, um operador de comparação (maior que ou menor que) e um valor numérico (e.g. frequência cardíaca > 100).

Quando um alerta é formado pela combinação de regras através do operador AND, será disparado quando todas as regras forem verificadas simultaneamente. No caso do operador OR, pelo menos uma das regras deve ser verificada para que o alerta seja acionado. A combinação dos operadores permite grande flexibilidade. O operador também pode definir um tempo de retardo para o acionamento do alerta, que obriga que a condição de alerta fique ativa por determinado tempo, para que o alerta seja disparado, evitando alguns casos de falsos alertas. Finalmente, o anestesiológista deve definir a mensagem que será exibida no momento de acionamento do alerta.

Durante o desenvolvimento foram utilizados simuladores de paciente, e o produto obtido foi submetido a testes em laboratório com os dados de cirurgias reais, com o intuito de verificar a ocorrência dos alertas inteligentes em ambiente cirúrgico. Para tanto, recorreu-se a um banco de dados previamente registrado durante estudo desenvolvido por Zamper e col.¹¹, que teve como propósito validar um sistema informatizado para a elaboração de um relatório de anestesia. Esse banco de dados contém informações referentes a 64 cirurgias reais de médio e grande porte e sob anestesia geral e regional.

Para cada cirurgia, o número de alertas inteligentes detectados foi comparado à quantidade de alarmes individuais disparados. Para isso, foram apenas considerados os alarmes dos parâmetros usados nas definições dos alertas.

RESULTADOS

Os alertas inteligentes usados para esses testes resultaram do levantamento realizado pela equipe de especialistas e encontram-se na Tabela I.

Analisando os dados do conjunto das 64 cirurgias, nota-se que foram disparados 514 alarmes e apenas 39 alertas inteligentes que eram do tipo bradicardia e hipotensão arterial ou hipertensão arterial e taquicardia, o que representa uma redução potencial de 92% na quantidade de alarmes (Tabela II). Mesmo considerando a importância de alarmes críticos como a baixa SpO₂, a associação desse alarme isolado aos alertas inteligentes permite uma diminuição significativa no número total de alarmes. Em 46 cirurgias (72%), não se detectou nenhuma ocorrência dos alertas inteligentes considerados e, dentre essas cirurgias, apenas 1 (2%) não apresentou ocorrência de alarmes de parâmetros isolados, enquanto as outras 45 apresentaram um total de 278 alarmes, uma média de 6 alarmes por cirurgia. Em 18 cirurgias (28%) foram detectadas, ao todo,

Tabela I – Alertas Considerados para Adultos

Parâmetros Alterados	Informação do Monitor
Hipercapnia e hipoxemia P _{ET} CO ₂ > 45 SpO ₂ < 90	Avaliar: Bradipneia – Depressão Respiratória Desconexão no Aparelho de Anestesia Alteração da difusão pulmonar Efeito de fármacos Congestão Pulmonar Derrame Pleural DPOC Pneumotórax
Hipotensão e aumento de pressão venosa central PA < 60 PVC > 15	Avaliar: Disfunção ventricular
Bradicardia e hipotensão arterial FC < 50 PA < 60	Avaliar: Bloqueio simpático Hipovolemia Isquemia miocárdica (avaliar ST)
Hipertensão arterial e taquicardia PA > 100 FC > 100	Avaliar: Profundidade anestésica Dor Efeito de fármacos
Taquicardia, hipocapnia e hipotensão arterial FC > 100 P _{ET} CO ₂ < 30 PA < 60	Avaliar: Hipovolemia Hipofluxo pulmonar Baixo débito cardíaco
Hipoxemia, elevação da pressão venosa central e hipocapnia PVC > 12 SpO ₂ < 90 P _{ET} CO ₂ < 30	Considerar: Embolia pulmonar
Hipercapnia, taquicardia e hipertermia P _{ET} CO ₂ > 45 FC > 100 Temp > 38°C	Considerar: Hipertermia maligna
Hipotermia ou hipertermia, taquicardia e taquipneia Temp < 36°C ou > 38°C FC > 100 FR > 20	Avaliar: S.I.R.S. Sepsis Insuficiência respiratória
Taquicardia, hipocapnia, hipotensão e diminuição de pressão venosa central FC > 100 P _{ET} CO ₂ < 28 PVC < 8 PA < 60	Considerar: Hipovolemia

Tabela II – Ocorrências de Alarmes e Alertas Inteligentes

	Cirurgias		Total
	Com alertas	Sem alertas	
Registro de cirurgias	18	46	64
Alarmes			
Hipoxemia (SpO ₂ < 90)	17	33	50
Hipertensão (PA > 100)	85	103	188
Hipotensão (PA < 60)	18	44	62
Taquicardia (FC > 100)	47	16	63
Bradicardia (FC < 50)	26	63	89
Hipocapnia (P _{ET} CO ₂ < 30)	4	5	9
Hipercapnia (P _{ET} CO ₂ > 45)	10	7	17
Diminuição de PVC (PVC < 8)	4	0	4
Aumento de PVC (PVC > 15)	13	2	15
Taquipneia (FR > 20)	12	5	17
Total	236	278	514
Alertas Inteligentes			
Bradicardia e hipotensão	4	0	4
Hipertensão arterial	35	0	35
Total	39	0	39

Tabela III – Ocorrências de Alarmes e Alertas Inteligentes em Nove Cirurgias Selecionadas

Registro de cirurgias	115	127	54	57	69	79	89	94	97
Alarmes									
Hipoxemia (SpO ₂ < 90)	1	2	0	0	4	2	0	0	8
Hipertensão (PA > 100)	5	11	3	1	0	0	1	2	8
Hipotensão (PA < 60)	1	0	0	0	4	1	1	1	3
Taquicardia (FC > 100)	1	1	0	0	6	1	0	0	12
Bradycardia (FC < 50)	0	2	2	4	0	0	3	3	1
Hipocapnia (P _{ET} CO ₂ < 30)	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Hipercapnia (P _{ET} CO ₂ > 45)	0	0	0	0	4	0	0	0	0
Diminuição de PVC (PVC < 8)	0	3	0	0	0	0	0	0	1
Aumento de PVC (PVC > 15)	0	11	0	0	0	0	0	2	2
Taquipneia (FR > 20)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	8	30	5	5	19	4	5	8	35
Alertas Inteligentes									
Bradycardia e hipotensão	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Hipertensão arterial	1	1	0	0	0	0	0	0	7
Total	1	1	0	0	0	0	0	0	8

39 ocorrências de alertas inteligentes, média de 2,17 alertas por cirurgia. Nessas cirurgias, a ocorrência de alarmes atingiu o valor de 236, média de 13 alarmes por cirurgia.

Dentre os casos avaliados, foram selecionados os relatórios eletrônicos de anestesia de nove casos de pacientes de alto risco cirúrgico. As ocorrências dos alarmes simples e dos alertas inteligentes foram analisadas a fim de verificar as respectivas condições (Tabela III). Observaram-se 119 situações geradoras de alarmes durante o intraoperatório, sendo 17 causadas por diminuição da SpO₂. Foram observadas 31 situações geradoras de alarmes de taquicardia e 21 de hipertensão arterial, embora em apenas nove situações tenham ocorrido alertas inteligentes indicando a associação de taquicardia e hipertensão arterial associados. Por outro lado, dentre os 15 casos de alarmes isolados de bradicardia e 11 de hipotensão, em apenas uma situação teria ocorrido o alerta de bradicardia associada a hipotensão arterial.

DISCUSSÃO

O presente estudo apresentou uma ferramenta de software para integrar dados de monitoração e gerar informações de possíveis diagnósticos ou intervenções. Essas informações podem ser mais úteis para o anestesiológista quando comparadas com a informação de um único parâmetro.

Com base na literatura e nos resultados obtidos neste estudo, é intuitivo concluir que a enorme taxa de alarmes falsos em um ambiente cirúrgico e a pequena significância desses alarmes no que diz respeito ao impacto nos cuidados ao paciente fazem com que esses alarmes acabem sendo desconsiderados ou pelo menos subestimados pelo anestesiológista.

Nesse contexto, percebe-se que muito pode ser feito para melhorar a qualidade das informações apresentadas pelos sistemas de alarme durante o acompanhamento da anestesia. Uma forma de tornar os dados de monitoração mais signifi-

cativos para o clínico é utilizar um sistema CDS. Tal tipo de sistema, além de integrar os parâmetros de monitoração, pode auxiliar na tomada de decisões clínicas. Esse sistema permite a compilação de conhecimentos de anesthesiologistas em uma série de regras que utilizam a lógica simples. O sistema também permite que o anestesiológista determine quais regras deverão ser adotadas e quais situações de risco deverão ser observadas.

O primeiro resultado obtido neste estudo foi uma tabela com possíveis combinações lógicas de valores de alguns parâmetros, que foi estabelecida por uma equipe de especialistas da área.

O aumento na qualidade do atendimento ao paciente devido à exibição das mensagens de possíveis diagnósticos ainda deve ser comprovado mediante estudo a ser realizado com pacientes.

Concluiu-se que o sistema desenvolvido pode ser útil na prática diária do anestesiológista e as informações exibidas pelo sistema podem, algumas vezes, mostrar-se mais úteis que a análise de parâmetros isolados.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

- Hagenouw RR – Should we be alarmed by our alarms? *Curr Opin Anaesthesiol*, 2007;20:590-594.
- Imhoff M, Kuhls S – Alarm algorithms in critical care monitoring. *Anesth Analg*, 2006;102:1525-1537.
- Imhoff M, Kuhls S, Gather U et al. – Smart alarms from medical devices in the OR and ICU. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*, 2009;23:39-50.
- O'Carroll TM – Survey of alarms in an intensive therapy unit. *Anaesthesia*, 1986;41:742-744.
- Dunsmuir D, Daniels J, Brouse C et al. – A knowledge authoring tool for clinical decision support. *J Clin Monit Comput*, 2008;22:189-198.
- Block Jr FE, Rouse JD, Hakala M et al. – A proposed new set of alarm sounds which satisfy standards and rationale to encode source information. *J Clin Monit Comput*, 2000;16:541-546.
- Ali W, Eshelman L, Saeed M – Identifying artifacts in arterial blood pressure using morphogram variability. *Comput Cardiol*, 2004;31:697-700.
- Hunt DL, Haynes RB, Hanna SE et al. – Effects of computer-based

- clinical decision support systems on physician performance and patient outcomes: a systematic review. *JAMA*, 1998;280:1339-1346.
09. John G, Peter JV, Chacko B et al. – A computer-assisted recording, diagnosis and management of the medically ill system for use in the intensive care unit: a preliminary report. *Indian J Crit Care Med*, 2009;13:136-142.
 10. Westenskow DR, Orr JA, Simon FH et al. – Intelligent alarms reduce anaesthesiologist's response time to critical faults. *Anesthesiology*, 1992;77:1074-1079.
 11. Zamper RPC, Torres MLA, Ferraz JL et al. – Avaliação de relatório eletrônico de anestesia. *Rev Bras Anesthesiol*, 2010;60:285-301.

Resumen: Dherte PM, Negrão MPG, Mori Neto S, Holzhacker R, Shimada V, Taberner P, Carmona MJC – Alertas Inteligentes: Desarrollo de un Software para la Optimización de los Datos de Monitorización.

Justificativa y objetivos: La monitorización es útil en el seguimiento de los parámetros vitales y en la prevención, diagnóstico y tratamiento de eventos adversos en anestesia. Las alarmas, aunque sean útiles en la monitorización, pueden causar una peligrosa desensibilización del usuario. Aquí hemos querido describir el desarrollo de un software específico para la integración de los parámetros de monitorización intraoperatoria, generando “alertas inteligentes” que puedan ayudar en la toma de decisiones, además de indicar posibles diagnósticos y tratamientos.

Método: Se proyectó un sistema que permitiese la flexibilidad en la definición de las alertas, combinando las alarmas individuales de los

parámetros monitorizados para generar una alerta más elaborada. Posteriormente a la investigación de un conjunto de alertas inteligentes consideradas relevantes en el ambiente quirúrgico, se obtuvo y se evaluó un prototipo, y las sugerencias adicionales fueron implementadas en el producto final.

Para la verificación de la incidencia de las alertas inteligentes, el sistema fue sometido a pruebas con datos previamente obtenidos durante la monitorización intraoperatoria de 64 pacientes. El sistema desarrollado permite un análisis continuo del conjunto de parámetros monitorizados verificando el surgimiento de las alertas inteligentes definidas en la interfaz del usuario.

Resultados: Con el uso del sistema, verificamos un potencial de reducción de las alarmas en el umbral del 92%. Notamos también, que en la mayoría de las situaciones en que no fueron generadas alertas, las alarmas individuales no representaban situaciones de riesgo para el paciente.

Conclusiones: La implementación de herramientas de software pueden posibilitar la integración de los datos de monitorización y generar informaciones como posibles diagnósticos o intervenciones. Se verificó una reducción potencial expresiva en la cantidad de alarmas durante la anestesia. Las informaciones que el sistema mostró pueden ser algunas veces más útiles que el análisis de parámetros aislados.

Descriptorios: COMPUTADOR, Ingeniería de software, CDS; EQUIOS: Alarmas Clínicas; MONITORIZACIÓN, Intraoperatorio.