

PLATAFORMA DE MONITORIZAÇÃO E SUPORTE À DECISÃO DE DOENTES CRÍTICOS

F. Portela¹, M.F. Santos¹, J. Machado¹, A. Abelha¹, A. Silva², F. Rua²

¹ Centro Algoritmi, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal

² Unidade de Cuidados Intensivos, Centro Hospitalar do Porto - Hospital de Santo António, Porto, Portugal

cfp@dsi.uminho.pt, mfs@dsi.uminho.pt, jmac@di.uminho.pt, abelha@di.uminho.pt,
moreirasilva@gmail.com, fernandorua.sci@hgsa.min-saude.pt

Resumo: A situação complexa dos doentes críticos e a quantidade de dados disponíveis dificultam a obtenção de conhecimento profícuo para a decisão. Acrescendo o facto de nas Unidades de Cuidados Intensivos (UCI) ainda existir um elevado número de dados em papel, o decisor não consegue interpretar corretamente e em tempo útil toda a informação adquirida. Neste contexto, o fator humano pode provocar erros no processo de tomada de decisão (PTD), uma vez que, normalmente, não há tempo suficiente para analisar corretamente a situação clínica do doente. Para facilitar a aquisição de conhecimento e suportar o PTD por parte dos profissionais da UCI, foi desenvolvida uma plataforma global que, de entre as várias funcionalidades, permite um acompanhamento do doente e a previsão de eventos futuros de uma forma contínua e em tempo real, apresentando novos conhecimentos que podem contribuir de forma significativa para a melhoria da situação clínica de um doente.

Palavras-chave: Monitorização; Sinais Vitais; Medicina Intensiva; Processo Clínico Eletrónico;

Abstract: The complex situation of critical patients and the amount of data available in Intensive Care Units (ICU) makes difficult to obtain useful knowledge to the decision. Adding the fact that in ICU there is a large number of data on paper the decision maker cannot interpret correctly and in short time all the information acquired. In this context the human factor can cause errors in decision-making process (DMP), because normally the intensivist does not have enough time to properly analyse the clinical condition of the patient. To facilitate the acquisition of knowledge and support the ICU decision process by their professionals, a global platform was developed. Among the various features, this platform allows patient monitoring and forecasting future events continuously and in real time, presenting whenever is possible new knowledge which can contribute significantly to the improvement of the clinical status of a patient.

Key-words: Monitoring, Vital Signs; Intensive Care; Electronic Health Record

1. Introdução

Atualmente reconhece-se que as Unidades de Cuidados Intensivos (UCI) contêm diversos dispositivos técnicos / médicos que permitem monitorizar o estado dos seus doentes. No entanto, esses dados são normalmente registados em papel (Mador & Shaw, 2009) e armazenados manualmente na base de dados, sendo que raramente são utilizados para suportar o processo de decisão.

Depois de alguns estudos, foi possível concluir que, com a utilização correta destes dados, é possível obter algumas vantagens a fim de apoiar o processo de decisão e facilitar o trabalho diário dos enfermeiros e médicos (Leong, Aronsky, & Michael Shabot, 2008; Scicluna, Murray, Xiao, & Mackenzie, 2008). Tendo como principal objetivo apoiar o processo de decisão, a utilização de sistemas inteligentes torna-se fulcral. Este processo tornou-se uma realidade com a introdução do INTCare na UCI do Centro Hospitalar do Porto, Hospital de Santo António.

O INTCare é um sistema de apoio à decisão inteligente, composto por um conjunto de módulos integrados que executam todas as tarefas do processo Descoberta de Conhecimento em Base de Dados (DCBD) automaticamente e em tempo-real (C. F. Portela, Santos, Silva, Machado, & Abelha, 2011; Santos et al., 2011). O sistema desenvolvido é composto por uma plataforma integrada onde, usando a interoperabilidade do sistema hospitalar, um conjunto de técnicas de inteligência artificial e automatização de processos pode apoiar o processo de tomada de decisão em tempo-real. Esta plataforma encontra-se dividida em dois subsistemas: monitorização e apoio à decisão inteligente.

Assim, o sistema INTCare pode fornecer a qualquer hora e em qualquer lugar, informação / conhecimento essencial para o processo de tomada de decisão (PTD):

- a) Dados clínicos do doente (sinais vitais, balanço hídrico, análises clínicas, *scores* médicos, entre outros)
- b) Monitorização e alerta de eventos críticos (SpO₂, temperatura, frequência cardíaca, pressão arterial e débito urinário)
- c) Resultados dos *scores* médicos (SAPS II e III, SOFA, Glasgow, MEWS e TISS-28)
- d) A probabilidade de ocorrer uma falha no sistema orgânico (Cardiovascular, hematológico, respiratória, hepático e renal) ou de um doente falecer;

Este artigo apresenta de forma sucinta os resultados atingidos, a plataforma desenvolvida e os principais benefícios da utilização da mesma. No que respeita à sua estrutura, o documento encontra-se dividido em seis capítulos. O primeiro capítulo faz um enquadramento do problema. O segundo capítulo apresenta os objetivos do trabalho e o terceiro os materiais e métodos utilizados. O quarto e quinto capítulo apresentam os

resultados e fazem uma breve análise dos mesmos. Por fim, o sexto capítulo tece algumas conclusões relativas ao trabalho desenvolvido.

2. Objetivos

O trabalho desenvolvido teve como principal objetivo contribuir para a melhoria do estado do doente crítico através:

- Do desenvolvimento de uma plataforma que permita registar, consultar e validar informações de um doente em tempo real.
- Da automatização de procedimentos e apresentação de novo conhecimento de uma forma elucidativa e de fácil compreensão.

3. Metodologia

Para a realização deste trabalho, foram utilizados dados recolhidos automaticamente e em tempo real das diversas fontes de dados existentes no CHP e aplicadas técnicas de processamento e interpretação de dados. A Tabela 1 demonstra que a informação anteriormente disponível em papel (P) encontra-se atualmente num formato eletrónico (E) e pode ser acedida *online* e em tempo real (OTR), em qualquer lugar e a qualquer hora.

Tabela 1. Comparação da informação que está disponível atualmente eletronicamente e em tempo real

| Tipo de Informação | Antes | | Agora | |
|--|---------|-----|--------|-----|
| | FONTES | OTR | FONTES | OTR |
| Ventilação | P | X | E | √ |
| Escalas (Dor, Sedação, Consciência, Glasgow) | P | X | E | √ |
| Balanço Hidro-Eletrolítico | P | X | E | √ |
| Plano Terapêutico | P | X | E | √ |
| Outros registos Clínicos | P | X | E | √ |
| Processo Clínico Eletrónico | E | √ | E | √ |
| Informações do Doente | E | √ | E | √ |
| MCDTS | E | √ | E | √ |
| Sinais Vitais | P | X | E | √ |
| Prescrições Médicas | E | √ | E | √ |
| Intervenções Clínicas | E | √ | E | √ |
| Atitudes Terapêuticas | E | √ | E | √ |
| Resultados dos Laboratórios | P (PDF) | X | E | √ |
| Procedimentos | P / E | √ | E | √ |
| Scores Médicos (SAPS, SOFA, GLASGOW, TISS28, | P | X | E | √ |

Os dados utilizados pela plataforma são provenientes de diversas fontes de dados:

- Monitores de Sinais Vitais (MSV),
- Folha de Enfermagem Eletrónica (FEE),
- Processo Clínico Eletrónico (PCE),
- Laboratório (LAB)
- Sistema Farmacêutico (SF).

A Tabela 2 apresenta, além dos dados recolhidos, os que são utilizados por cada um dos subsistemas:

- Eventos críticos (EC),
- Sinais vitais (SV),
- Scores médicos (SM),
- Data Mining (DM).

Todos os dados são armazenados em tempo-real, ou seja, no momento em que o valor é recolhido.

Tabela 1. Fontes de Dados

| Variáveis | Fonte de Dados | EC | SV | SM | DM |
|--|----------------|----|----|----|----|
| Pressão arterial | MSV / FEE | X | X | X | X |
| Frequência Cardíaca | MSV / FEE | X | X | X | X |
| Frequência respiratória | MSV / FEE | | X | X | |
| Saturação de oxigênio (SpO2) | MSV / FEE | X | X | X | X |
| Temperatura | MSV / FEE | X | X | X | X |
| Vasopressores | SF | | | X | X |
| Dados de admissão e alta | PCE | | | X | X |
| Idade | PCE | | | X | X |
| Doenças Crónicas | PCE | | | X | |
| Eventos e Procedimentos Clínicos | FEE | | | X | |
| AVPU | FEE | | | X | |
| Glasgow | FEE | | | X | X |
| Débito Urinário / diurese | FEE | X | | X | X |
| Albumina, BUN, Glicose, HCO3, Leucócitos, PH | LAB | | | X | |
| Bilirrubina, Creatinina, Fio2 e Po2 | LAB | | | X | X |
| Plaquetas, Potássio, Ureia, Glóbulos Brancos | LAB | | | X | |

A informação associada a um internamento de um doente encontra-se agora concentrada numa só plataforma (Figura 2), representando uma evolução relativamente à situação que se verificava anteriormente (Figura 1).

4. Análise dos Resultados

Como resultado, foi possível produzir uma plataforma integrada dividida em dois subsistemas:

- Plataforma de monitorização:
 - Registo e validação do diário dos doentes;
 - Explorar dados clínicos do doente;
 - Acompanhar a evolução dos resultados do doente;
- Plataforma inteligente de suporte ao PTD;
 - Detecção e análise de eventos críticos (F. Portela, Gago, et al., 2013);

- Cálculo automático de scores médicos (F. Portela et al., 2012);
- Previsão de eventos clínicos futuros (F. Portela, Santos, Machado, Abelha, & Silva, 2013);

4.1. Plataforma de Monitorização

Para resolver os problemas relatados anteriormente, foi desenvolvido o subsistema de monitorização denominado por Folha de Enfermagem Eletrónica (FEE). Este subsistema é, essencialmente, utilizado pelos enfermeiros e apresenta-se como sendo:

- Plataforma web e touchscreen - todas as operações são efetuadas através do toque;
- Recebe e disponibiliza os registos clínicos, em tempo real e automaticamente;
- Permite uma completa monitorização dos dados (registo, validação e consulta);
- Cada doente tem uma FEE junto à sua cama;
- Acesso à plataforma 24h / dia e em qualquer lugar.

A Plataforma de monitorização permite o registo, validação e consulta de:

- Sinais vitais;
- Plano terapêutico (medicação, dietas e soro);
- Balanço Hidro-Eletrolítico;
- Ventilação (invasiva, não invasiva e espontânea);
- Escala da Dor, Delírio, Consciência, Ramsay e Glasgow;
- Técnicas de Substituição Renal;
- Controlo Metabólico, Glicemia e Transfusões;
- Eventos adversos e Scores;
- Carga de Trabalho (TISS-28);
- Posicionamentos;
- Outros.

Apresenta como principais funcionalidades:

- Início automático da aplicação de acordo com o doente internado na cama;
- Informações sobre os doentes e auto identificação;
- *Refresh*, validação e gravação dos dados (automático e manual);
- Pré-validação dos dados automaticamente;
- Identificação dos responsáveis pelo registo e bloqueio da edição dos dados;
- Facilidade de conexão a outras plataformas;
- Vários gráficos com análises de resultados (*scores* e sinais vitais);
- Possibilidade de consultar os dados históricos;

- Grelha comparativa e gráficos para os resultados dos exames de laboratórios;
- Cálculo automático do balanço hidro-eletrolítico e *scores*;

4.2. Plataforma inteligente de suporte ao processo de decisão

Com a introdução das mudanças no Sistema de Informação (SI), alguns dados clínicos do doente passaram a estar disponíveis na plataforma INTCare, de modo a que possam ser consultados *online* e que contribuam para o suporte ao processo de decisão clínica, sendo parte integrante do subsistema de apoio à decisão inteligente:

- Gráfico – Análises clínicas; Sores; Eventos Crítico e Sinais Vitais;
- Eventos Críticos (SpO₂, temperatura, frequência cardíaca, pressão arterial e diurese)
- *Scores* médicos (SOFA, SAPS, Glasgow, MEWS, TISS28);
- Probabilidade de falência de órgãos e probabilidade do doente falecer.

a) Eventos Críticos

Um evento é definido como crítico (EC) quando os valores recolhidos de forma contínua são considerados elevados e têm uma duração superior ao intervalo de tempo aceitável. Um valor pode de forma singela representar um EC desde que esse valor seja demasiado alto (Silva, Cortez, Santos, Gomes, & Neves, 2008). Com a inserção da aquisição contínua de dados, foi possível introduzir a monitorização dos eventos críticos dos doentes para cinco variáveis: pressão arterial (PA), frequência cardíaca (FC), SpO₂, débito urinário (DU) e temperatura (Temp). O Sistema de Monitorização de Eventos Críticos (SMEC) é executado em tempo-real, realizando a aquisição e processamento de tarefas de forma automática. Os resultados obtidos pelo sistema de EC são representados na FEE através de uma grelha e um gráfico.

b) Scores Médicos da UCI

O sistema de pontuação (SP) foi desenvolvido de modo a introduzir um novo conceito no cálculo de índices. Em vez dos índices (*scores*) serem calculados no final do dia, o sistema pode calcular em tempo-real vários índices médicos. O SP utiliza as regras de processamento e transformação definidos para cada um dos índices e, de forma automática e em tempo-real, recolhe e processa os dados, a fim de obter: SAPS II, SAPS III, GLASGOW, SOFA, TISS-28 e MEWS. Apesar de muitos dos dados serem recolhidos automaticamente, alguns deles exigem uma observação humana e conseqüente registo manual (ex. Glasgow, débito urinário) no subsistema FEE. O SP está integrado na FEE e os profissionais da UCI podem consultar os resultados através desta aplicação. Os resultados dos índices são calculados automaticamente e em tempo-real sempre que um novo valor

chega. Os resultados são apresentados individualmente através de uma grelha ou gráfico permitindo assim comparar a evolução dos resultados obtidos.

c) Sistema de Previsão

Utilizando o Data Mining (DM) (Tamayo et al., 2005), foi possível induzir modelos de forma automática e em tempo-real de modo a prever qual a probabilidade de, nas 24h seguintes, um doente entrar em falência orgânica para cada um dos sistemas orgânicos ou falecer. Os dados utilizados para gerar os modelos de DM foram recolhidos na UCI do CHP - HSA entre fevereiro e junho de 2012 e estão relacionados com os primeiros cinco dias de internamento.

Para avaliar os modelos desenvolvidos, foi introduzida uma métrica de qualidade: (Erro Total $\leq 40\%$, Sensibilidade $\geq 85\%$ e Acuidade $\geq 60\%$). Estes limites foram definidos a fim de garantir um nível elevado de qualidade dos modelos, evitando assim a existência de um elevado número de falsos positivos – situação natural quando são utilizados modelos menos equilibrados e mais sensíveis.

A sensibilidade é a medida mais importante pois os médicos preferem modelos mais sensíveis à previsão de determinado resultado, ou seja, preferem modelos que sejam bons a prever o 1 (falha orgânica ou morte). A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos com os dados de teste, nos quais podemos verificar que atualmente apenas 50% modelos cumprem as métricas de qualidade. Uma vez que estes modelos são executados em tempo real, os seus resultados podem variar, ou seja, estes podem alterar sempre que forem recebidos novos dados.

Tabela 3. Resultados dos modelos de previsão

| Alvo | Cumprir medidas qualidade | Sensibilidade | Acuidade | Especificidade |
|----------------|---------------------------|---------------|--------------|----------------|
| Cardiovascular | SIM | 97,95 ± 0,31 | 76,81 ± 2,35 | 41,81 ± 5,75 |
| Hematológico | SIM | 91,20 ± 3,57 | 65,69 ± 3,83 | 49,61 ± 6,15 |
| Hepático | NÃO | 69,24 ± 9,41 | 82,89 ± 2,57 | 87,34 ± 3,22 |
| Outcome | SIM | 99,77 ± 0,33 | 63,58 ± 3,11 | 49,58 ± 4,90 |
| Renal | NÃO | 77,17 ± 12,41 | 43,08 ± 4,66 | 43,08 ± 4,66 |
| Respiratório | NÃO | 67,11 ± 5,67 | 63,86 ± 4,27 | 60,39 ± 6,75 |

5. Discussão dos resultados

A nível dos resultados, foi possível desmaterializar vários processos na UCI, disponibilizando eletronicamente e em tempo-real os dados clínicos dos doentes que anteriormente eram recolhidos manualmente e registados em papel. A introdução da interoperabilidade entre os vários sistemas / plataformas do hospital foi outro dos benefícios verificados. Agora, é possível consultar, gravar e validar todos os dados em uma única plataforma, ou seja, os principais dados dos doentes da UCI estão centralizados e são

interoperáveis a partir de uma plataforma única. Assim, é possível ao enfermeiro, por exemplo, aceder aos resultados das análises clínicas e analisa-los graficamente no espaço temporal, bem como consultar / validar e alterar a prescrição de um doente que encontra-se agrupado por tipologia de medicamento e hora a que deve ser administrado.

A utilização desta plataforma apresenta como principais benefícios:

- Registos clínicos disponíveis em formato eletrónico, automaticamente e em tempo real;
- Diminuição do número de erros na transcrição de dados e redução;
- Redução do uso do papel;
- Resultados das análises clínicas disponíveis momentos após a realização do exame;
- Completa monitorização dos dados do doente (registo, validação e consulta);
- Automatização de procedimentos clínicos (ex. cálculos de *scores*);
- Diminuição do tempo de documentação, reforçando o papel dos enfermeiros junto do doente;
- Fomenta a atitude pró-ativa no melhor interesse do doente;
- Facilidade de consulta do histórico do doente;
- Possibilidade de prever situações / estados clínicos de um doente.
- Produzir novos dados essenciais para o PTD.

6. Conclusões

O trabalho desenvolvido permitiu apresentar novas formas de apoio à decisão através de gráficos e modelos que permitem monitorizar a evolução do doente e realizar tarefas diárias de forma automática, reduzindo significativamente o tempo de documentação.

Os resultados obtidos com este trabalho permitem “revolucionar” a forma como as decisões são tomadas nos cuidados intensivos e reduzir os custos associados à tomada de decisão. Os modelos e plataformas desenvolvidos estão em fase de testes na UCI do CHP e estão preparados para atuar a um nível global.

Este trabalho foi realizado no âmbito do projeto FCT INTCare (PTDC/EIA/72819/ 2006) e INTCare II (PTDC/EEI-SII/1302/2012).

7. Referências Bibliográficas

- Leong, T.-Y., Aronsky, D., & Michael Shabot, M. (2008). Computer-based decision support for critical and emergency care. *Journal of Biomedical Informatics*, 41(3), 409-412. doi: DOI: 10.1016/j.jbi.2008.04.006
- Mador, R. L., & Shaw, N. T. (2009). The impact of a Critical Care Information System (CCIS) on time spent charting and in direct patient care by staff in the ICU: a review of the literature. *International Journal of Medical Informatics*, 78(7), 435-445.
- Portela, C. F., Santos, M. F., Silva, A., Machado, J., & Abelha, A. (2011). Enabling a Pervasive Approach for Intelligent Decision Support in Critical Health Care. In M. M. CruzCunha, J. Varajao, P. Powell & R. Martinho (Eds.), *Enterprise Information Systems, Pt 3* (Vol. 221, pp. 233-243).

- Portela, F., Gago, P., Santos, M. F., Machado, J., Abelha, A., Silva, Á., & Rua, F. (2013). Pervasive real-time intelligent system for tracking critical events in intensive care patients.
- Portela, F., Santos, M. F., Machado, J., Abelha, A., & Silva, Á. (2013). Pervasive and Intelligent Decision Support in Critical Health Care Using Ensembles *Information Technology in Bio-and Medical Informatics* (pp. 1-16): Springer Berlin Heidelberg.
- Portela, F., Santos, M. F., Machado, J., Silva, Á., Rua, F., & Abelha, A. (2012). Intelligent Data Acquisition and Scoring System for Intensive Medicine. In Springer (Ed.), *Lecture Notes in Computer Science - Information Technology in Bio- and Medical Informatics* (Vol. 7451/2012, pp. 1-15). Viena, Austria.
- Santos, M. F., Portela, F., Vilas-Boas, M., Machado, J., Abelha, A., & Neves, J. (2011). *INTCARE - Multi-agent approach for real-time Intelligent Decision Support in Intensive Medicine*. Paper presented at the 3rd International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART), Rome, Italy.
- Scicluna, P., Murray, A., Xiao, Y., & Mackenzie, C. F. (2008). Challenges to Real-Time Decision Support in Health Care. *Agency for Healthcare Research and Quality*.
- Silva, Á., Cortez, P., Santos, M. F., Gomes, L., & Neves, J. (2008). Rating organ failure via adverse events using data mining in the intensive care unit. *Artificial Intelligence in Medicine*, 43(3), 179-193. doi: DOI: 10.1016/j.artmed.2008.03.010
- Tamayo, P., Berger, C., Campos, M., Yarmus, J., Milenova, B., Mozes, A., . . . Thomas, S. (2005). Oracle Data Mining. *Data Mining and Knowledge Discovery Handbook*, 1315-1329.