

Avaliação da Aquisição de Habilidades em Anestesia através de Abordagens Baseadas em Tecnologias Digitais

José Raul B. Andrade¹, Liliane S. Machado^{1,2}

¹Programa de Pós-Graduação em Modelos de Decisão e Saúde,
Departamento de Estatística, Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

²Departamento de Informática, Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
João Pessoa, PB – Brasil

joseraulbandrade@gmail.com, liliane@di.ufpb.br

Abstract. *The competency-based teaching method in Medical Education balances acquiring knowledge with developing skills for efficient professional practice. In this context, computational simulations have played a crucial role in training and student assessment. This study analyzed simulators for anesthesia training to identify characteristics, covered skills, and evaluation. The analysis highlights gaps in non-technical skill training and evaluation approaches.*

Resumo. *O método de ensino por competências na Educação Médica equilibra aquisição de conhecimento com desenvolvimento de habilidades para prática eficiente. Nesse contexto, as simulações computacionais têm desempenhado um papel crucial, tanto no treinamento quanto na avaliação dos estudantes. Este estudo realizou uma análise de simuladores para o treinamento em anestesia, com o intuito de identificar características, habilidades abordadas e avaliação. A análise destaca lacunas no treinamento de habilidades não técnicas e na abordagem de avaliação.*

1. Introdução

À medida que a medicina evolui, os programas de treinamento médico têm buscado aprimorar suas metodologias, equilibrando a aprendizagem prática com abordagens mais seguras e inovadoras. Nesse sentido, o método de ensino por competências tem sido cada vez mais discutido na área da Educação Médica. Esse enfoque curricular equilibra a aquisição de conhecimento com o desenvolvimento das habilidades necessárias para a prática profissional eficiente [Frank et al. 2010].

Estudos sobre incidentes críticos em anestesia têm destacado o erro humano como uma das principais causas de ocorrências indesejadas [Fletcher et al. 2002]. Além disso, uma dificuldade reportada é a insegurança dos estudantes ao atender pacientes pela primeira vez [Salas et al. 2005]. Nesse contexto, as simulações têm desempenhado um papel crucial, tanto no treinamento quanto na avaliação dos estudantes. Os simuladores proporcionam um ambiente de trabalho realista, permitindo que os estudantes participem ativamente de experiências de aprendizagem e garantem a integridade dos pacientes [Chopra 1996].

O objetivo deste estudo é realizar uma análise dos simuladores no treinamento em anestesia, com o intuito de identificar características, habilidades trabalhadas nos estudantes e como ocorre a avaliação no treinamento. A análise realizada destacou lacunas

referentes ao treinamento de habilidades não técnicas e a abordagem de avaliação, enfatizando que esta deve transcender indicadores quantitativos, e proporcionar reflexão profunda sobre o desempenho do estudante, para estimular aprimoramento contínuo das habilidades e preparar profissionais para desafios clínicos e interações humanas.

2. Avaliação de habilidades na Educação Médica

A avaliação da aprendizagem é crucial no processo educacional para verificar o alcance dos objetivos educacionais e identificar problemas no método de ensino-aprendizagem. Ela não se limita apenas à medição do desempenho, mas também permite avaliar competências por meio de abordagens quantitativas e qualitativas do comportamento humano, tornando-se um instrumento de aprendizagem ao determinar como os estudantes aprendem [Lowry 1993]. A formação médica compreende, além da aquisição de conhecimentos fundamentais, o domínio de habilidades. Nesse sentido, o foco da avaliação dos estudantes tem se dirigido para o que se denomina de competências médicas.

Considerando que o estudante de medicina está em constante processo de aquisição de conhecimentos e competências, essenciais em seu futuro exercício profissional, é fundamental avaliar o domínio psicomotor para verificar se essas competências estão sendo adquiridas ao longo de sua formação. A avaliação, nesse sentido, deve ser uma etapa inerente ao processo ensino-aprendizagem, aplicada em diferentes momentos e reconhecida como um norteador para o melhoramento das habilidades do estudante [Troncon 1996]. Para a realização bem-sucedida do processo de avaliação se faz necessário prover ao estudante um *feedback* acerca do seu desempenho na realização de determinada atividade. O *feedback* é um importante recurso pedagógico para desenvolver e aprimorar habilidades a partir da reflexão sobre o desempenho. Sua elaboração consiste na análise das ações do aprendiz no treinamento prático, essa análise pode ser classificada como avaliação *offline* ou avaliação *online* [Moraes and Machado 2003].

A avaliação de habilidades *offline* consiste no registro da atividade para que um profissional da área posteriormente analise e elabore um relatório que será devolvido ao estudante. Essa forma de avaliar tem limitações no tocante ao tempo de retorno do *feedback*, além da exaustiva carga de trabalho por parte do treinador. Por outro lado, a avaliação de habilidades *online* monitora as ações do usuário ao coletar dados, como ângulo, força, entre outros, e depois os compara com classes de desempenho previamente definidas por um especialista. A avaliação nesse caso é integrada a aplicação e devolve ao usuário, em tempo real ou após a finalização do procedimento, o resultado dessa comparação [Moraes and Machado 2003]. Nesse tipo de avaliação também estão presentes modelos matemáticos, estatísticos e computacionalmente inteligentes sob uma ótica de suporte a tomada de decisão.

3. Tecnologias digitais para Educação em Anestesiologia

A primeira abordagem de simulação na área médica foi baseada em modelo físico, que busca oferecer treinamento através de um modelo de escala real que simboliza um paciente genérico. Inicialmente, essas práticas eram conduzidas por equipes de anesthesiologistas e tinham como objetivo o treinamento utilizando manequins que representassem com precisão pacientes reais. Na década de 1960, o primeiro simulador de anestesia, o SIM One, foi criado por Denson e Abrahamson para auxiliar no treinamento de intubação

traqueal e práticas anestésicas. O SIM One trata-se de um manequim controlado por computador que reproduz sinais vitais, semelhante a um paciente real, e responde as ações do estudante. Esse simulador treina o desenvolvimento de habilidades técnicas dos aprendizes, como as etapas do procedimento, o uso de instrumentos, velocidade e eficiência, e não técnicas, como a tomada de decisão clínica. A todo tempo o computador apresenta detalhadamente um resumo cronometrado e cronológico de todos os eventos do exercício. Esta impressão inclui todas as manipulações do aluno no simulador, os medicamentos administrados e a ocorrência de quaisquer outros eventos, como resistência, arritmia.

Em 1986, foi criado o *Comprehensive Anesthesia Simulation Environment* (CASE), um simulador em escala real (manequim) destinado a treinar os processos de tomada de decisão dos anestesistas durante a técnica de intubação traqueal. Os estudantes são avaliados por as suas ações de acordo com um roteiro que define as consequências das ações anestésicas rotineiras e dos incidentes críticos pré-estabelecidos. As decisões sobre o tempo e a substituição do roteiro são tomadas pelo especialista responsável pelo treinamento. A avaliação pode incluir diversos aspectos, como a precisão das ações executadas, a tomada de decisões adequadas em situações clínicas desafiadoras e a eficiência no uso dos equipamentos. Adicionalmente, os monitores têm a capacidade de oferecer retorno imediato sobre as ações dos estudantes durante a atividade.

O simulador virtual BODY (originalmente denominado de SLEEPER) e o *Anesthesia Simulator Consultant* (ASC) também emergiram nessa época. O BODY era usado para o ensino de aspectos farmacológicos e fisiológicos, enquanto o ASC simulava o gerenciamento de crises anestésicas. Nessa época, a tecnologia havia progredido para permitir o uso de computadores pessoais, bem como a capacidade de programas complexos modelarem respostas apropriadas à manipulação de entrada de dados clínicos. [Denson and Abrahamson 1969] [Gaba 1999] [Chopra 1996].

Com o intuito de ajudar os residentes a desenvolverem habilidades em realizar bloqueios de nervos periféricos, Ullrich et al. [2008] e Grottke et al. [2009] utilizam elementos de Realidade Virtual (RV) para simular a região inguinal, oferecendo uma variedade anatômica que permite treinamento realista. Os trabalhos em questão buscam proporcionar a sensação tátil realista da técnica simulada e não focam na avaliação do desempenho do usuário. Juanes et al. [2013] e Muriel-Fernández et al. [2019] relatam o uso de uma ferramenta web de simulação para ensinar técnicas de anestesia e analgesia regional guiadas por ultrassom. Com o objetivo de simular a exploração ultrassonográfica dos nervos cervicais e dos membros superiores e inferiores. O trabalho incluiu um visualizador digital tridimensional para identificação das estruturas relevantes envolvidas nos bloqueios de nervos periféricos nessas regiões. Essa ferramenta autoguiada fornece um passo a passo simples para alcançar o objetivo final da técnica.

Blezek et al. [2000] descrevem a arquitetura de um simulador de RV que incluiu a criação de modelos anatômicos específicos do paciente e o desenvolvimento de modelos de *feedback* de força háptica baseados em dados biomecânicos coletados durante a execução do bloqueio do plexo celíaco. A simulação permite que os residentes pratiquem e aprimorem sua destreza. Lim et al. [2005] criaram uma ferramenta de RV para o ensino do bloqueio do plexo braquial interescalênico, combinando desenhos esquemáticos, vídeos de animações curtas e demonstrações ao vivo para acelerar o aprendizado e melhorar a retenção de informações. Brazil et al. [2016] desenvolveram um jogo sério com um

modelo de força para treinamento de anestesia peridural. Esse treinamento utilizou um dispositivo háptico (tátil) para proporcionar sensações e reações realistas dos tecidos, incorporando elementos de gamificação para melhorar a motivação do aprendiz e incentivar o aprimoramento das habilidades clínicas. Kulcsár et al. [2013] utilizaram um simulador RV para treinar a etapa de punção da agulha na técnica de anestesia raquidiana, para isso além dos recursos visuais foi utilizado um dispositivo de retorno háptico.

Abordando a anestesia odontológica, Ribeiro e Oliveira [2019] criaram um simulador RV que avalia o desempenho dos usuários com base no tempo gasto para realizar as atividades e na pontuação, que considera acertos e erros durante o treinamento de anestesia. O simulador utiliza reforços visuais para orientar o procedimento e também inclui *rankings* e troféus para motivar o usuário a aprimorar suas habilidades clínicas. Correa et al [2017] desenvolveram uma simulação focado no treinamento de bloqueio do nervo alveolar inferior combinando o realismo tátil com RV. Tori et al. [2018] desenvolveram o Vida Odonto que possui uma função de avaliação automática do desempenho do usuário durante o procedimento. O sistema registra o trajeto vetorial completo da agulha, possibilitando análise automatizada posterior. Os trabalhos mencionados estão na Tabela 1 organizados por nome/ano de publicação, tipo de simulação, técnica simulada, ações simuladas e se possui avaliação *online* e *feedback* háptico.

4. Habilidades abordadas

Huang et al. [2020] em sua revisão literária sobre simuladores virtuais baseados em RV para treinamento em anestesia, classifica as habilidades do usuário trabalhadas nos simuladores como habilidades técnicas, habilidades não técnicas e habilidades híbridas. As habilidades técnicas incluem desenvolvimento psicomotor, conhecimento sequencial das etapas procedimentais, instrumentos característicos dos procedimentos, tempo e segurança durante sua prática. As habilidades não técnicas estão relacionadas à tomada de decisões clínicas, gerenciamento do estresse, empatia com o paciente, entre outras habilidades relacionadas à lógica e conduta profissional. Por fim, as habilidades híbridas abordam tanto o conhecimento técnico quanto a conduta profissional [Huang et al. 2020].

Notou-se nos estudos analisados (Tabela 1) um esforço considerável no desenvolvimento das habilidades técnicas, especialmente a destreza (7 de 15 estudos), as etapas do procedimento (7 de 15 estudos), manuseio de instrumentos clínicos (3 de 15 estudos) e a velocidade e eficiência da realização das tarefas (2 de 15 estudos). Esta última habilidade foi abordada na simulação de intubação traqueal e no gerenciamento de crise, procedimentos cujo o tempo são fatores decisivos para o sucesso na realização das atividades. As simulações virtuais emergem como uma alternativa ao modelo de treinamento tradicional, no qual o foco principal é o desenvolvimento de habilidades técnicas. Nesse sentido, embora haja potencial para abordar habilidades não técnicas ou híbridas, esses campos ainda são pouco explorados. Dentre os trabalhos analisados, nenhum abordou tais habilidades.

Embora o conhecimento técnico seja essencial, o desenvolvimento de habilidades não técnicas desempenha um papel crucial na formação médica. Essas habilidades englobam competências como comunicação eficaz, colaboração, ética e empatia. Elas têm o potencial de fortalecer a relação entre médico e paciente, exercendo uma influência nas decisões clínicas, o que resulta em um cuidado mais personalizado e centrado no paciente. Portanto, este estudo enfatiza a necessidade de simuladores de treinamento na área

médica incorporarem também essas habilidades.

Tabela 1. Simuladores para treinamento em anestesia.

Tipo de anestesia	Tema	Avaliação online	Resposta tátil	Referência
Geral	Intubação	Sim	Não	[Denson and Abrahamson 1969] [Gaba et al. 2014]
Regional	Peridural	Sim	Sim	[Brazil et al. 2016]
	Plexo braquial interescaleno	Não	Não	[Lim et al. 2005]
	Plexo celíaco	Não	Sim	[Blezek et al. 2000]
	Nervos periféricos	Não	Sim	[Ullrich et al. 2008] [Grottke et al. 2009]
		Sim	Não	[Juanes et al. 2013] [Muriel-Fernández et al. 2019]
Raquidiana	Sim	Sim	[Kulcsár et al. 2013]	
Local	Odontológica	Sim	Sim	[Ribeiro et al. 2018]
			Não	[Tori et al. 2018]
		Não	Sim	[Correa et al. 2017]
-	Gerenciamento de crises	Sim	Não	[Chopra 1996] [Shewaga et al. 2018]

5. Avaliação do estudante

Em seu trabalho, Machado et al. [2012] destacaram os principais desafios na construção de um simulador virtual para Educação Médica, incluindo os desafios relacionados à avaliação de habilidades. A avaliação de habilidades permite conhecer o desempenho dos usuários para identificar se estão preparados para realizar o procedimento em situações reais. Para fornecer informações sobre o desempenho dos usuários, é necessário analisar suas ações durante a simulação virtual. A captura das ações do usuário pode ocorrer por meio de dispositivos convencionais, como *mouse* e teclado, e também é possível usar dispositivos mais específicos que adquirem dados de posição espacial [Machado and Moraes 2012]. Os simuladores realizam a avaliação das habilidades do usuário a partir dos dados coletados, *offline* ou *online*. A avaliação de habilidades *online* pode ocorrer por: a) mecanismos de alerta ou direcionamento em tempo real, b) indicadores de progresso e c) relatórios sobre o desempenho do usuário na simulação virtual [Andrade et al. 2022].

O método de avaliação *online* mais presente nos trabalhos analisados foi o de mecanismos de alerta ou direcionamento em tempo real (7 de 15 estudos). Esses mecanismos fornecem ao usuário algum *feedback*, seja por meio de mensagens, imagens, sons ou até alertas ao instrutor. A cada ação do usuário, o simulador informa se está correta e como é possível melhorá-la. Foram identificados 2 estudos cuja avaliação ocorre pelo registro das atividades do usuário, que consiste em gerar um relatório ao final do treinamento, onde é possível monitorar sucessos e pontos de melhoria. Também foram identificados 2 estudos que utilizam indicadores de progresso como estratégia avaliativa. Os indicadores de progresso, são: pontuação para respostas corretas, retenção em uma tarefa até a conclusão e possibilidade de repetir uma tarefa específica para aprimorar a prática. Esses indicadores são formas objetivas de verificar se o usuário atingiu o desempenho esperado. Além disso, podem atuar como agentes motivadores.

Foi observado que em 5 trabalhos o objetivo é apresentar uma técnica de simulação, como textura e corte de tecidos humanos, ou o avanço de uma técnica computacional existente. Estas pesquisas concentram-se predominantemente em aspectos hápticos, sem abordar a avaliação das competências adquiridas ou deixando-as com uma etapa futura.

6. Considerações

Foi observado que os estudos analisados treinam etapas específicas dos procedimentos. É importante destacar que ao focar exclusivamente em uma única etapa de um procedimento, os simuladores podem fornecer uma visão limitada e fragmentada do processo geral, levando os estudantes a subestimar a importância de outras etapas, o que afeta a segurança do paciente e a eficácia do treinamento. Isso pode resultar em lacunas na preparação e confiança do estudante ao realizar o procedimento completo em um ambiente clínico real.

Acerca da avaliação, os mecanismos de alerta e direcionamento em simulações virtuais têm um impacto potencial na aprendizagem dos estudantes. Embora esses mecanismos possam ser úteis para fornecer *feedback* imediato e orientação durante a simulação, também há o risco de limitar o aprendizado. Se os alertas forem excessivamente frequentes ou instruções detalhadas demais, os estudantes podem se tornar dependentes desses mecanismos para cada etapa do processo e, conseqüentemente, terão dificuldade no desenvolvimento de uma compreensão profunda das ações que estão executando e da lógica por trás delas. Em vez de pensar criticamente e tomar decisões independentes, os estudantes podem se concentrar apenas em seguir as orientações fornecidas, limitando sua capacidade de resolver problemas complexos de maneira autônoma. Mecanismos de alerta excessivamente intrusivos podem reduzir o senso de responsabilidade e desafio dos estudantes, o processo de tentativa e erro é fundamental para a aquisição de habilidades e a construção da confiança do aprendiz em suas próprias capacidades.

Os indicadores de progresso, por sua vez, embora auxiliem na motivação, podem ter limitações educacionais a longo prazo, pelas mesmas razões citadas anteriormente. O foco em alcançar uma pontuação alta, independentemente de realmente internalizar o conhecimento ou desenvolver habilidades práticas, pode levar a lacunas na compreensão prejudicando a capacidade de aplicar o que foi aprendido em situações do mundo real. Nesse sentido, o relatório sobre o desempenho do estudante se mostra uma alternativa com maior potencial para promover uma compreensão objetiva do progresso individual, incentivando o aprimoramento contínuo das competências a partir da reflexão sobre suas ações durante o treinamento.

Este trabalho destaca que contextualizar as simulações dentro de cenários realistas permite aos usuários praticar habilidades não técnicas, como comunicação e tomada de decisões em situações que espelham a complexidade do ambiente clínico. Além disso, a avaliação deve ir além de indicadores quantitativos. A escolha de uma forma eficaz de avaliar as habilidades do estudante é crucial para garantir que os profissionais estejam devidamente preparados para lidar com a diversidade de situações e interações humanas na prática médica.

7. Conclusão

A análise dos estudos ressalta a importância de uma abordagem mais holística na avaliação em anestesia por meio de simuladores. Ao se concentrar em etapas isoladas dos procedimentos, os simuladores podem deixar lacunas na compreensão geral, levando os estudantes a subestimarem a relevância de outras fases críticas. Além disso, é crucial adotar métodos de avaliação que vão além de indicadores quantitativos. O *feedback* avaliativo deve fornecer ao aluno uma reflexão significativa sobre seu desempenho, estimulando a melhoria contínua das habilidades por meio da análise das suas ações durante o treinamento, a fim de auxiliar na preparação e confiança dos profissionais em lidar com a variedade de desafios e interações humanas encontradas na realidade médica. Como próximos passos, é planejado estabelecer os componentes essenciais para a avaliação da técnica de anestesia raquidiana e criar um modelo inteligente de avaliação das competências dos usuários com base nas métricas dessa técnica.

Referências

- Andrade, J. R. B., Machado, L. S., Lopes, L. W., and Moraes, R. M. (2022). Virtual simulations for health education: how are user skills assessed? *Revista Brasileira de Educação Médica*, 46.
- Blezek, D. J., Robb, R. A., and Martin, D. P. (2000). Virtual reality simulation of regional anesthesia for training of residents. In *Proceedings of the 33rd Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, pages 8–pp. IEEE.
- Brazil, A. L., Conci, A., Clua, E., Rodriguez-Hernandez, N., Bittencourt, L. K., and Ramos, R. R. (2016). Force modeling and gamification for epidural anesthesia training. In *2016 IEEE International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, pages 1–8. IEEE.
- Chopra, V. (1996). 4 anaesthesia simulators. *Bailliere's Clinical anaesthesiology*, 10(2):297–315.
- Correa, C. G., Machado, M. A. A. M., Ranzini, E., Tori, R., and Nunes, F. L. S. (2017). Virtual reality simulator for dental anesthesia training in the inferior alveolar nerve block. *Journal of Applied Oral Science*, 25:357–366.
- Denson, J. S. and Abrahamson, S. (1969). A computer-controlled patient simulator. *Jama*, 208(3):504–508.
- Fletcher, G. C. L., McGeorge, P., Flin, R. H., Glavin, R. J., and Maran, N. J. (2002). The role of non-technical skills in anaesthesia: a review of current literature. *British journal of anaesthesia*, 88(3):418–429.
- Frank, J. R., Snell, L. S., Cate, O. T., Holmboe, E. S., Carraccio, C., Swing, S. R., Harris, P., Glasgow, N. J., Campbell, C., Dath, D., et al. (2010). Competency-based medical education: theory to practice. *Medical teacher*, 32(8):638–645.
- Gaba, D. (1999). The human work environment and anesthesia simulators. *Anesthesia 5th ed*, pages 2613–2668.
- Gaba, D. M., Fish, K. J., Howard, S. K., and Burden, A. (2014). *Crisis management in anesthesiology E-Book*. Elsevier Health Sciences.

- Grottke, O., Ntoubas, A., Ullrich, S., Liao, W., Fried, E., Prescher, A., Deserno, T. M., Kuhlen, T., and Rossaint, R. (2009). Virtual reality-based simulator for training in regional anaesthesia. *British journal of anaesthesia*, 103(4):594–600.
- Huang, V. W., Jones, C. B., and Gomez, E. D. (2020). State of the art of virtual reality simulation in anesthesia. *International Anesthesiology Clinics*, 58(4):31–35.
- Juanes, J. A., Alonso, P., Hernández, F., Ruisoto, P., Santos, J. A., and Muriel, C. (2013). Digital viewer for learning regional anaesthesia. In *Proceedings of the First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality*.
- Kulcsár, Z., O'Mahony, E., Lövquist, E., Aboulafia, A., Daša, , Ghori, K., Iohom, G., and Shorten, G. (2013). Preliminary evaluation of a virtual reality-based simulator for learning spinal anesthesia. *Journal of clinical anesthesia*, 25(2):98–105.
- Lim, M. W., Burt, G., and Rutter, S. V. (2005). Use of three-dimensional animation for regional anaesthesia teaching: application to interscalene brachial plexus blockade. *British journal of anaesthesia*, 94(3):372–377.
- Lowry, S. (1993). Eassessment of student. brist. In *Med Journa*, volume 306, pages 51–54.
- Machado, L. S. and Moraes, R. M. (2012). Assessment systems for training based on virtual reality: A comparison study. *Journal on Interactive Systems*, 3(1).
- Moraes, R. M. and Machado, L. S. (2003). Online training evaluation in vr simulators using gaussian mixture models. In *Medicine Meets Virtual Reality 11*, pages 42–44.
- Muriel-Fernández, J., Alonso, C. P., López-Valverde, N., López-Millán, J. M., Méndez, J. J. A., and Sánchez-Ledesma, M. J. (2019). Results of the use of a simulator for training in anesthesia and regional analgesia guided by ultrasound. *Journal of Medical Systems*, 43(4):1–6.
- Ribeiro, M. A., Corrêa, C. G., and Nunes, F. L. (2018). Visual and haptic trajectories applied to dental anesthesia training: Conceptualization, implementation and preliminary evaluation. In *2018 20th Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR)*, pages 210–219. IEEE.
- Salas, E., Wilson, K. A., Burke, C. S., and Priest, H. A. (2005). Using simulation-based training to improve patient safety: what does it take? *The Joint Commission Journal on Quality and Patient Safety*, 31(7):363–371.
- Shewaga, R., Uribe-Quevedo, A., Kapralos, B., Lee, K., and Alam, F. (2018). A serious game for anesthesia-based crisis resource management training. *Computers in Entertainment (CIE)*, 16(2):1–16.
- Tori, R., Wang, G. Z., Sallaberry, L. H., Tori, A. A., de Oliveira, E. C., and de AM Machado, M. A. (2018). Vida odonto: Ambiente de realidade virtual para treinamento odontológico. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 26(02):80.
- Troncon, L. E. A. (1996). Avaliação do estudante de medicina. *Medicina (Ribeirão Preto)*, 29(4):429–439.
- Ullrich, S., Grottke, O., Fried, E., Frommen, T., Liao, W., Rossaint, R., Kuhlen, T., and Deserno, T. M. (2008). An intersubject variable regional anesthesia simulator with a virtual patient architecture. *International journal of computer assisted radiology and surgery*, 4(6):561–570.