

Eduardo Casaroto

**UTILIZAÇÃO DE SENSORES INFRAVERMELHOS PARA
MONITORIZAÇÃO DA HIGIENE DAS MÃOS**

Tese apresentada à Faculdade Israelita de Ciências da Saúde Albert Einstein para obtenção do Título de Doutor em Ciências da Saúde.

São Paulo

2022

Eduardo Casaroto

**UTILIZAÇÃO DE SENSORES INFRAVERMELHOS PARA
MONITORIZAÇÃO DA HIGIENE DAS MÃOS**

Tese apresentada à Faculdade Israelita de Ciências da Saúde Albert Einstein para obtenção do Título de Doutor em Ciências da Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Ary Serpa Neto

Coorientador: Prof. Dr. Alexandre Rodrigues Marra

São Paulo

2022

Casaroto, Eduardo

Utilização de sensores infravermelhos para monitorização da higiene das mãos / Eduardo Casaroto. -- São Paulo, 2022.
ix, 51 f.

Tese (Doutorado) – Faculdade Israelita de Ciências da Saúde Albert Einstein. Instituto Israelita de Ensino e Pesquisa Albert Einstein. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde.

Título em inglês: *Monitoring hand hygiene compliance using infrared sensors in the intensive care unit.*

1. Higiene das mãos. 2. Automação. 3. Melhoria de qualidade. 4. Observação. 5. Unidades de Terapia Intensiva. 6. Controle de infecções.

Elaborada pelo Sistema Einstein Integrado de Bibliotecas

FACULDADE ISRAELITA DE CIÊNCIAS DA SAÚDE ALBERT EINSTEIN

Coordenador do Curso de Pós-Graduação: Prof. Dr. Luiz Vicente Rizzo

Eduardo Casaroto

**UTILIZAÇÃO DE SENSORES INFRAVERMELHOS PARA
MONITORIZAÇÃO DA HIGIENE DAS MÃOS**

Presidente da banca: Prof. Dr. Ary Serpa Neto

BANCA EXAMINADORA

Membros titulares:

Prof. Dr. Fabrício Rodrigues Torres de Carvalho

Prof. Dr. Rodrigo Octávio Deliberato

Prof. Dr. Roberto Rabello Filho

Membros suplentes:

Prof. Dr. Leonardo Lima Rocha

Prof. Dr. Felipe Toledo Piza

Aprovada em: 02/09/2022.

Sumário

Lista de figuras	vi
Lista de tabelas e quadros	viii
Resumo	ix
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Meus cinco momentos para higienização das mãos	3
1.2 Observação direta	6
1.3 Observação eletrônica com contadores eletrônicos de dispensador.....	7
1.4 Observação eletrônica com sistemas de monitoramento eletrônico.....	8
1.5 Objetivos.....	9
2 MÉTODOS	10
2.1 Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	10
2.2 Local e período de estudo	10
2.3 Metodologia.....	10
2.3.1 <i>Feedback loop</i>	11
2.3.2 Sensores de infravermelho.....	14
2.4 Execução.....	20
2.5 Análise estatística.....	26
2.6 Fonte de fomento	27
3 RESULTADOS	28
3.1 Fase pré-validação	28
3.2 Fase validação	29
4 DISCUSSÃO	36
5 CONCLUSÕES	45
6 REFERÊNCIAS	46
Abstract	

Lista de figuras

Figura 1. Procedimento recomendado para higienização das mãos com álcool em gel	5
Figura 2. Sistema de <i>feedback loop</i> em tempo real.....	12
Figura 3. Exemplo de utilização do sistema eletrônico de higienização das mãos.....	12
Figura 4. Painel com crachás identificados conforme categoria profissional	13
Figura 5. Adequado posicionamento do crachá.....	13
Figura 6. Demonstração do esquema de instalação dos sensores nos leitos 1 e 2 da unidade 18.....	15
Figura 7. Itens participantes do projeto nos leitos 1 e 2 da unidade 18	15
Figura 8. Itens participantes do projeto nos leitos 1 e 2 da unidade 18, em outro ângulo	16
Figura 9. Posicionamento da câmera com sensor infravermelho no teto do leito.....	16
Figura 10. Sensor infravermelho posicionado no teto do leito e região de captura do sensor.....	17
Figura 11. Representação obtida pela câmera de infravermelho, com o paciente, outra pessoa próxima do contato com o paciente e os dois equipamentos dentro do leito da unidade de terapia intensiva.....	18
Figura 12. Dispensador de álcool gel com a tecnologia de <i>feedback loop</i> (frasco à esquerda) e o <i>pump</i> de álcool gel que não computou o número de higienizações (frasco à direita).....	19
Figura 13. Processo utilizado para identificação de eventos de contato físico por meio de segmentação da imagem por “ <i>machine learning</i> ”	20
Figura 14. Telas do aplicativo	22
Figura 15. Continuação das telas do aplicativo	23
Figura 16. Percurso e ordem dos eventos de contato e higienização dentro do leito obtidos pela observação.....	24
Figura 17. Visão geral das fases de pré-validação e validação	28
Figura 18. Aderência nas oportunidades de higiene das mãos entre observador humano e eletrônico	31
Figura 19. Número de oportunidades de higienização por período de observação.....	31
Figura 20. Aderência no número de higienizações entre observador humano e eletrônico	32

Figura 21. Número de higienizações por período de observação.....	33
Figura 22. Comparação entre aderência à higiene das mãos pelo observador humano <i>versus</i> aderência à higiene das mãos pelo observador eletrônico	33
Figura 23. Taxa de aderência à higienização por período de observação	34

Lista de tabelas e quadros

Quadro 1. Fases do projeto	21
Tabela 1. Dados coletados pelos observadores humanos na fase 2 do estudo	29
Tabela 2. Dados coletados pelos observadores humanos na fase 3 do estudo	30
Tabela 3. Número de higienizações e taxa de aderência à higiene das mãos em cada fase.....	34
Tabela 4. Taxa de aderência à higiene das mãos para observador humano e observador eletrônico funcionando 24 horas por dia sem a presença do observador humano.....	35

Resumo

Introdução: A higiene das mãos é uma importante estratégia de prevenção e controle de infecção e a observação direta é considerada o método padrão ouro para avaliar a aderência à higiene das mãos. **Objetivo:** Determinar se o sistema eletrônico de higiene das mãos pode monitorar a aderência à higiene das mãos com taxas similares à observação direta. **Métodos:** Esse estudo foi conduzido durante quatro anos em uma unidade de terapia intensiva de um hospital terciário privado em São Paulo, Brasil, onde um sistema eletrônico de higiene das mãos foi instalado em dois leitos. A aderência à higiene das mãos foi comparada e reportada utilizando observação direta, e dispositivos por contadores eletrônicos com um sistema infravermelho para detectar as oportunidades de higienização. **Resultados:** Na fase de pré-validação, 1.001 observações de higienizações foram realizadas pelos observadores, e uma aderência à higiene das mãos pelo observador humano de 56,3% (564/1.001), enquanto a aderência à higiene das mãos detectada pelo observador eletrônico foi 51% (515/1.010). Durante a fase de validação, os observadores humanos registraram 484 oportunidades de higienizações com uma aderência à higiene das mãos de 64,7% (313/484) *versus* 70,6% (346/490) de aderência à higiene das mãos detectada pelo sistema eletrônico. O sistema eletrônico funcionou durante 24 horas por dia/7 dias da semana e a aderência a higiene das mãos encontrada sem a presença do observador humano foi de 40,3% (10.642/26.421) em ambos os leitos da unidade de terapia intensiva, evidenciando o efeito Hawthorne. **Conclusões:** O sistema de monitoramento eletrônico à higiene das mãos teve uma boa correlação com o método de observação direta à higiene das mãos. Nós acreditamos que o sistema de monitoramento eletrônico pode substituir a observação direta com dados de higienização evitando o efeito Hawthorne.

Descritores: Higiene das mãos; Automação; Melhoria de qualidade; Observação; Unidades de Terapia Intensiva; Controle de infecções

1 INTRODUÇÃO

A higienização das mãos representa um dos pilares de uma boa prática assistencial. Uma medida relativamente simples, utilizada e recomendada há muitos anos, capaz de impactar de maneira significativa a evolução clínica dos pacientes hospitalizados, especialmente em ambiente de terapia intensiva, onde o número de procedimentos e intervenções da equipe profissional junto ao paciente se torna sensivelmente superior a outros setores do hospital. A higiene das mãos é uma importante estratégia de prevenção de controle de infecção⁽¹⁾ que reduz a transmissão de patógenos entre profissionais de saúde e pacientes,⁽²⁾ importância essa valorizada e reconhecida recentemente no contexto da pandemia pela COVID-19, difundindo e conscientizando ainda mais a comunidade sobre o conceito e a relevância da higienização das mãos.⁽³⁻⁵⁾

Apesar da alta disponibilidade dos dispositivos para higienização das mãos, de sua rápida execução, do conhecimento amplo e geral de todos os profissionais da saúde envolvidos no cuidado do paciente, as taxas de aderência à higienização das mãos são bastante variadas, e de maneira geral, são consideradas subótima dentre os profissionais da saúde.⁽¹⁾

A Organização Mundial da Saúde recomenda uma estratégia multimodal para melhorias na higienização das mãos.^(6,7) Um dos fundamentos dessa estratégia consiste na observação das práticas de higienização das mãos e ao *feedback* das taxas de performance aos profissionais envolvidos.⁽⁶⁾ Estudos já demonstraram melhora na aderência à higiene das mãos e redução de infecções relacionadas ao sistema de saúde após a adoção de medidas multimodais.^(8,9)

A observação direta, realizada por um profissional adequadamente treinado, ainda é considerado o padrão ouro na avaliação da aderência à higienização das mãos.^(1,6,10-12) No entanto, os eventos de higienização observados representam uma pequena fração do número estimado de oportunidades de higienização, documentado em 1,3% em um estudo.⁽¹³⁾ Além disso, estudos que empregam observação direta de higiene das mãos provavelmente serão tendenciosos pelo “efeito Hawthorne” (a presença de um observador influencia a adesão à higienização).⁽¹⁴⁾ Isso foi demonstrado em um estudo de melhoria de qualidade liderado pela *Joint Commission* em 2009, no

qual os hospitais relataram aderência de 85% por meio de observação direta, em vez de 48% medidos usando métodos mais precisos.⁽¹⁵⁾

As infecções hospitalares acarretam elevada morbidade e mortalidade aos pacientes, além do incremento nos custos. A higienização das mãos é uma das maneiras mais eficazes para reduzir essas infecções, e consequentemente, a observação das técnicas de higienização das mãos pelos profissionais da saúde ganha destaque, de tal modo que auditorias regulares através de observação direta ou indireta são fortemente recomendadas.⁽¹⁶⁾ Em muitos países, os profissionais da saúde são auditados rotineiramente, geralmente através de observação direta.⁽¹⁷⁾ Uma das grandes vantagens no uso do observador humano é a aplicabilidade universal do método: pode ser realizado em qualquer ambiente, independentemente do tamanho, complexidade ou nível de recursos. Dessa maneira, essa técnica pode ser aplicada tanto em países com mais limitação de recursos quanto naqueles países mais desenvolvidos.⁽⁶⁾

Os contadores eletrônicos de higiene das mãos nos dispensadores de álcool para as mãos são uma importante ferramenta para obtenção de dados sobre higiene das mãos, oferecendo uma maneira inovadora e automatizada de capturar a adesão à higiene das mãos no ambiente hospitalar,⁽¹⁸⁻²¹⁾ principalmente na unidade de terapia intensiva (UTI).⁽¹³⁾ As evidências atuais apoiam os contadores eletrônicos para higiene das mãos como método complementar, mas não suplantaram a observação direta, uma vez que os sistemas atuais não são capazes de avaliar a qualidade do uso dos contadores eletrônicos e não permitem a responsabilização imediata entre pares.^(13,19,22)

Para avaliar a performance na higienização das mãos, foram utilizados dois parâmetros, que foram exaustivamente abordados ao longo dessa revisão:⁽⁶⁾

- Eventos: número de vezes que o profissional realiza a higienização das mãos;
- Oportunidades: número de vezes que o profissional deveria realizar a higienização das mãos.

A razão entre o número de eventos e o número de oportunidades confere a taxa de aderência.

1.1 Meus cinco momentos para higienização das mãos

Os “meus cinco momentos” para higienização das mãos são assim divididos:

1. Antes de tocar o paciente;
2. Antes de procedimento;
3. Após exposição a fluído;
4. Após tocar o paciente;
5. Após contato com o ambiente.

Os momentos 1, 4 e 5 são mais voltados aos cuidados /proteção entre os diferentes pacientes, enquanto o momento 2 é mais voltado aos cuidados/proteção do próprio paciente e o momento 3 ao profissional de saúde.⁽⁶⁾

Na última recomendação disponibilizada pela Organização Mundial da Saúde, em 2009, uma adequada higienização das mãos era de 20 a 30 segundos (com álcool gel) ou 40 a 60 segundos quando higienizando com água e sabão.^(7,20) Reilly et al. demonstraram que a técnica completa de lavagem das mãos pode levar até 39-45 segundos,^(20,23) enquanto outros estudos apontam que a média de tempo para lavagem das mãos é inferior a 15 segundos.⁽²⁰⁾ Já nas recomendações de 2002 publicadas pelo *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC), o método de higienização preferido e recomendado era o álcool gel, e o uso de água e sabão recomendado apenas quando houvesse sujidade visível nas mãos ou quando da presença de organismos formadores de esporos.⁽¹⁾ Uma das barreiras encontradas quando tratamos de aderência à higiene das mãos é o tempo para higienizá-las, e o tempo necessário para higienização com água e sabão é sabidamente superior comparado ao uso do álcool gel, necessitando ao menos um minuto.⁽²⁴⁾

Não existe uma recomendação específica para o volume de álcool gel a ser utilizado para uma boa higienização, contudo, alguns especialistas europeus recomendam o uso de 3mL, apesar de muitos dispensadores de álcool gel fornecerem apenas 0,6-1,75mL do produto a cada acionamento.⁽²⁰⁾ É importante lembrar que o álcool utilizado nos desinfetantes para mãos à base de álcool é seguro para uso na pele, com eficácia para eliminação de uma série de microrganismos, não havendo resistência de patógenos ao desinfetante alcoólico pelo seu próprio mecanismo de ação.⁽²⁵⁾ Contudo, é documentado que os profissionais da saúde apresentam uma incidência maior que a

população em geral de dermatite de contato devido à prática frequente de higiene das mãos,⁽²⁶⁾ sendo menor o dano à pele quando do uso do álcool em gel comparado à lavagem das mãos com água e sabão, sabidamente mais danosa à pele.^(27,28)

A recomendação da Organização Mundial da Saúde para higienização das mãos é aplicar álcool gel na palma das mãos e esfregá-las juntas para cobrir toda a superfície das mãos, até que estejam completamente secas, o que leva ao redor de 20 a 30 segundos, conforme demonstrado na figura 1.⁽⁷⁾

Estratégias para promover e facilitar a higienização das mãos devem ser encorajadas, e algumas das modalidades mais bem sucedidas são multimodais,^(8,29,30) incluindo auditoria e *feedback*,⁽³¹⁻³³⁾ treinamento e educação,⁽³⁴⁾ incentivo institucional baseado em segurança,⁽³⁵⁾ além de métodos que se baseiem em melhoria de desempenho.⁽²⁹⁾ A adequada disponibilidade e localização dos dispositivos, como leitos e corredores, é fundamental para o sucesso da higienização das mãos.⁽²⁰⁾

Além disso, treinamento da equipe abordando as indicações e como realizar corretamente a higienização das mãos é um ponto chave dos programas de promoção à higienização das mãos.⁽²⁰⁾ A reeducação periódica da equipe é importante e tem sido abordada em alguns hospitais através de sessões de aprendizado *online*, e não há dúvidas em relação à importância do *feedback* aos membros da equipe.⁽²⁰⁾ Contudo, não está claro qual a modalidade mais efetiva para fornecer esse *feedback* a eles: abordagem direta pelo observador (embora essa modalidade possa influenciar diretamente no efeito Hawthorne), envio de *e-mails* e/ou mensagens de texto, *displays* automatizados, entre outros.⁽²⁰⁾ A adoção de um modelo multimodal guiado por alguma instituição validada, como a Organização Mundial da Saúde, pode alcançar uma melhora de leve a moderada na aderência à higiene das mãos,⁽³⁶⁾ e tais medidas devem considerar o contexto sociocultural e eventuais adaptações aos recursos disponíveis.⁽⁴⁾



Fonte: Traduzido e adaptado de World Alliance for Patient Safety. WHO guidelines on hand hygiene in health care (advanced draft). Geneva: World Health Organization; 2007. Hand hygiene technique with alcohol-based formulation; p. 100.⁽³⁷⁾

Figura 1. Procedimento recomendado para higienização das mãos com álcool em gel

O uso de lembretes também deve ser encorajado: protetor de tela nos computadores do setor, material explicativo para familiares, sinalização abordando higiene das mãos próximo aos leitos, são medidas que auxiliam na propagação e aderência à higiene das mãos.^(20,38,39)

O que sabemos é que de nada adianta estipular altas metas de aderência à higiene das mãos, possivelmente inatingíveis. Tal atitude só vai gerar uma falha esperada na busca pelo objetivo, podendo inclusive incorrer em alguma penalidade.⁽⁴⁰⁾ Punir os hospitais que não conseguem atingir metas fora do padrão acaba

por prejudicar todos aqueles envolvidos com a higiene das mãos e a prevenção de infecções.⁽⁴¹⁾

1.2 Observação direta

O observador humano ainda é considerado o padrão ouro em relação à higienização das mãos e é a estratégia mais adotada para monitorar aderência.^(10-12,20)

O observador humano consegue notar alguns pontos importantes em relação à higienização das mãos, como por exemplo se a higienização, quando realizada, está sendo realizada conforme a recomendação, de maneira tecnicamente adequada, com uso de luvas quando indicado, podendo auxiliar por exemplo no melhor direcionamento para educação e orientação aos profissionais da saúde, e ainda contar como uma opção para fornecer *feedback* imediato aos profissionais da saúde.^(6,20)

Contudo, existem desvantagens na observação direta. O observador deve ser adequadamente treinado para tal, e frequentemente validado por algum profissional habilitado. A observação humana demanda tempo e consequentemente recursos humanos/financeiros. Ademais, há ainda o tempo gasto para a análise desses dados, que pode ser minimizada com o uso de *softwares* específicos para higienização das mãos, como o iScrub.⁽⁶⁾

Cada observador humano consegue observar apenas uma pequena parte de toda equipe de saúde, o que torna sua ação limitada. Há ainda a dificuldade para uma padronização das práticas de observação.^(6,10)

O efeito Hawthorne representa um bias de observação, quando os profissionais observados reconhecem a figura do observador humano e acabam, involuntariamente, higienizando as mãos com uma frequência maior do que quando não se sentem observados.^(6,10,17,42) As taxas de aderência geradas por observação direta são frequentemente 2 a 3 vezes maior do que aquelas encontradas por sistemas automatizados, em virtude do efeito Hawthorne,⁽²⁰⁾ e parece haver um efeito de desempenho limite.⁽⁴³⁾ Esse impacto pode ser minimizado reduzindo o tempo de observação para cerca de 10 a 15 minutos, preferencialmente com observadores secretos.^(20,44) Há tempos que diferentes grupos avaliam os erros epidemiológicos associados à auditoria humana e quantificam o efeito Hawthorne e a quantidade de viés que o mesmo carrega consigo.^(12,31,42,43)

Por conta disso, tecnologias automatizadas estão em ascensão, desempenhando um papel importante na geração de dados mais acurados de aderência à higiene das mãos.⁽¹⁶⁾ Existem evidências da magnitude dos erros associados aos auditores humanos e o sucesso da tecnologia para melhora da aderência tem aumentado.⁽⁴²⁾

Existem também as dificuldades inerentes ao próprio ambiente, como cortinas de privacidade ou leitos em formato de quarto fechado, dificultado a observação direta.^(6,17)

Apesar de todos esses desafios, a observação direta ainda é a única maneira de avaliar os 5 momentos para higienização das mãos conforme recomendação da Organização Mundial da Saúde.⁽¹⁰⁾

1.3 Observação eletrônica com contadores eletrônicos de dispensador

Contadores de dispensadores eletrônicos é uma das maneiras de monitorar a frequência da higiene das mãos, e contribuem com dados sobre a quantidade de eventos de higienização das mãos realizado.^(6,20)

Com seu uso, o número de dados coletados aumenta substancialmente, já que funciona ininterruptamente e parece não ser afetado pelo efeito Hawthorne.⁽⁶⁾

Taxas estabelecidas em auditoria humana direta para uma média de 9 minutos diários ao longo de 5 meses foi 2,5 vezes maior quando comparado às taxas estabelecidas pela tecnologia de dispensador de álcool gel.⁽⁴²⁾ Auditoria envolvendo higienização das mãos é um marco de qualidade do cuidado.⁽¹⁷⁾ Ainda, o efeito Hawthorne gera taxas de aderência hiperestimadas,⁽⁴⁵⁾ podendo inflar as taxas humanas diretas em até 1,5-2,9 vezes quando comparado com tecnologia e vigilância automatizada.⁽⁴²⁾

O uso de dispensador eletrônico pode gerar alguns dados capazes de contribuir com processos de melhoria em relação à higienização das mãos, como: posicionamento e número dos dispensador, troca no produto de higienização das mãos, programas de *feedback*, número de dispensador em relação ao número de leitos, possibilidade de armazenamento dos dados em nuvem,⁽⁶⁾ além de detectar alterações na frequência da higienização das mãos após intervenções promocionais.⁽²⁰⁾

Entretanto, não é capaz de detectar o número de oportunidades para higienização das mãos, não gerando assim taxas de aderência à higienização das mãos, visto não gravar o número de oportunidades de higienização das mãos, além de ter um custo elevado, com instalação e manutenção dos equipamentos, e ainda a disponibilidade de uma rede *wireless*.^(6,10,20)

1.4 Observação eletrônica com sistemas de monitoramento eletrônico

Sistemas de monitoramento que utilizam sensores que detectam entrada e saída do leito são considerados apropriados para momentos 1, 4 e 5, não sendo capazes de avaliar a aderência a todos os cinco momentos, visto a dificuldade para monitorar os momentos 2 e 3.^(6,20,46) Uma de suas vantagens é a de que necessita recursos humanos limitados, desde que tenha sido instalado.⁽⁶⁾

Naturalmente, a quantidade de dados que o sistema eletrônico é capaz de capturar é muito maior que o observador humano.⁽⁶⁾ Podem fornecer estimativas das taxas de conformidade durante todos os turnos, todos os dias da semana e eventualmente categorizar conforme os diferentes profissionais.^(6,47,48)

Esses sistemas facilitam análise do efeito em estimar taxas de aderência de várias intervenções, como estratégias de *feedback*, programas como “*positive deviance*”, efeitos da duração do observador humano e a extensão do efeito Hawthorne.⁽⁶⁾ Apesar dos sistemas de monitoramento poderem aumentar a aderência à higiene das mãos, não podemos esquecer que os fatores humanos podem desempenhar um papel importante nesse processo.⁽¹⁶⁾

Alguns sistemas podem ainda fornecer ao profissional da saúde um *feedback* imediato, tal como um sinal luminoso ou sonoro, objetivando garantir que o profissional de saúde realize a higiene das mãos previamente ao cuidado do paciente.⁽⁴⁹⁾ Podem inclusive enviar *feedback* individual a cada profissional sobre sua performance e alguns sistemas são capazes de notificar a instituição sobre a necessidade de reposição do produto de higiene nos dispensadores.^(6,20)

Contudo, um sistema de monitoramento eletrônico requer um investimento muito superior ao observador humano ou mesmo ao sistema com contador eletrônico de dispensador. Além dos custos com os equipamentos em si, como *hardware* e rede *wireless*, frequentemente é necessário suporte técnico de profissionais em

tecnologia da informação.⁽⁶⁾ Edmisten et al. defendem um adequado planejamento para instalação, suporte e manutenção de um sistema eletrônico, diante de todo investimento e complexidade que envolve um sistema eletrônico de higiene das mãos, e de todo benefício que o mesmo pode trazer.⁽⁵⁰⁾

Poucos desses sistemas tiveram sua acurácia testada, muitos deles tem o custo elevado, dificuldade para instalação e manutenção, mas ainda assim, apresentam uma taxa de uso em crescimento no ambiente hospitalar, um passo importante para melhorar a higiene das mãos.⁽¹⁶⁾

Melhorar a higiene das mãos necessita de intervenções e tecnologia para melhor aceitação.⁽¹⁶⁾

1.5 Objetivos

1. Determinar se um sistema eletrônico de higiene das mãos (aqui denominado observador eletrônico) pode monitorar a aderência em taxas semelhantes à observação direta (com um observador humano presente);
2. Determinar se um sistema eletrônico de higiene das mãos é capaz de identificar as oportunidades de higienização das mãos de acordo com os “meus cinco momentos” para higienização das mãos.

2 MÉTODOS

2.1 Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Como não houve exposição de pacientes e/ou de funcionários do setor, nem mesmo coleta direta de dados, o projeto foi isento da aplicação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa institucional como melhoria de processo e inovação sob CAAE 36179314.9.0000.0071.

2.2 Local e período de estudo

O estudo foi desenvolvido na UTI do Hospital Israelita Albert Einstein (HIAE), um hospital terciário localizado na cidade de São Paulo. Trata-se de uma UTI clínico-cirúrgica com 40 leitos no total, distribuídos em unidades de 4 ou 6 leitos. Os sensores de infravermelho (IR) foram instalados em dois desses leitos. O estudo teve início em outubro de 2016 e foi concluído em dezembro de 2020.

2.3 Metodologia

A UTI do HIAE é composta por várias unidades de 4 leitos. Para o estudo, foram selecionados dois leitos da UTI (leitos 518-1 e 518-2), localizados na unidade 18. Os dois leitos já eram monitorizados com um sistema de controle da higienização das mãos chamado Infectrack®, sistema esse fundamental para a adequada interpretação dos dados. Com o início do projeto, foram instalados sensores para a obtenção de imagens de IR nesses dois leitos da unidade 18 para a detecção dos eventos de contato entre os profissionais da saúde, o paciente e os equipamentos do ambiente – basicamente, bombas de infusão, monitores e uma bancada onde os medicamentos são preparados pelos profissionais da enfermagem. Cada leito contava com equipamentos de cuidado direto ao paciente, como termômetro e estetoscópio, além de uma pia por leito e duas outras dentro da unidade, mas externas aos leitos.

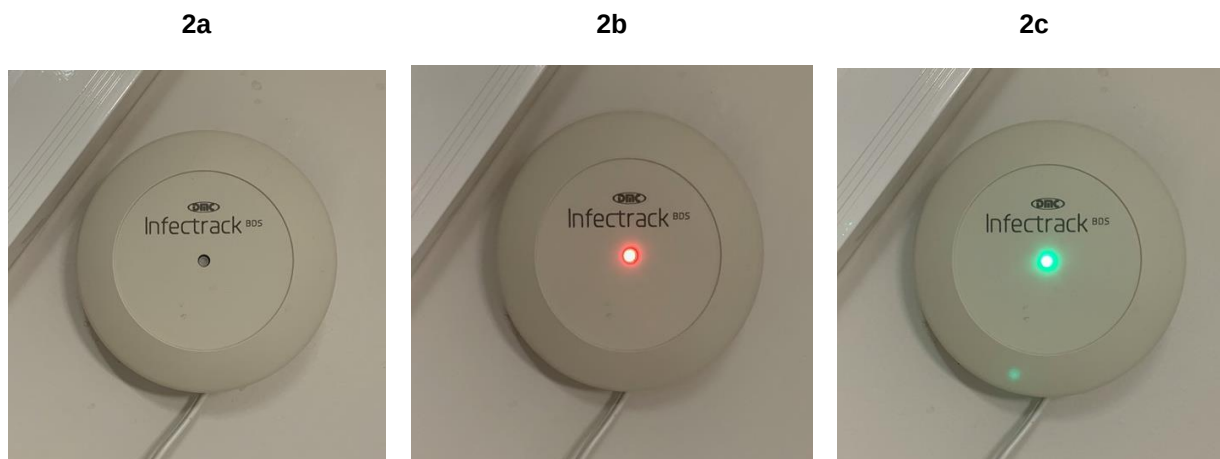
Por se tratar de um estudo de concordância e validação, seguimos as diretrizes específicas conforme Kottner et al.⁽⁵¹⁾ Como não houve nenhuma intervenção, não houve cálculo de tamanho amostral. A amostragem foi por conveniência; outro projeto de higiene das mãos estava sendo realizado na mesma UTI, sendo que esse projeto propunha uma intervenção, necessitando um tamanho amostral de pelo menos 400 eventos. Dessa forma, mantivemos a fase de validação até que essa amostragem do outro projeto fosse atingida.

Para facilitar a compreensão dos diferentes dispositivos utilizados para esse estudo, os mesmos foram descritos separadamente: 1) *feedback loop*; 2) IR.

2.3.1 Feedback loop

O sistema de *feedback loop* ou metodologia de *feedback* em tempo real utiliza um dispositivo de identificação sem fio para os profissionais da saúde que higienizam as mãos com álcool gel encontrado nos *dispenser* dentro dos leitos. O dispositivo de identificação parece um crachá, e utiliza tecnologia Zigbee (protocolo de comunicação *wireless* baseado no IEEE 802.15.3 padrão).⁽⁵²⁾ O sistema é composto ainda por um modem e um servidor localizados na unidade da UTI, especificamente para esse projeto.

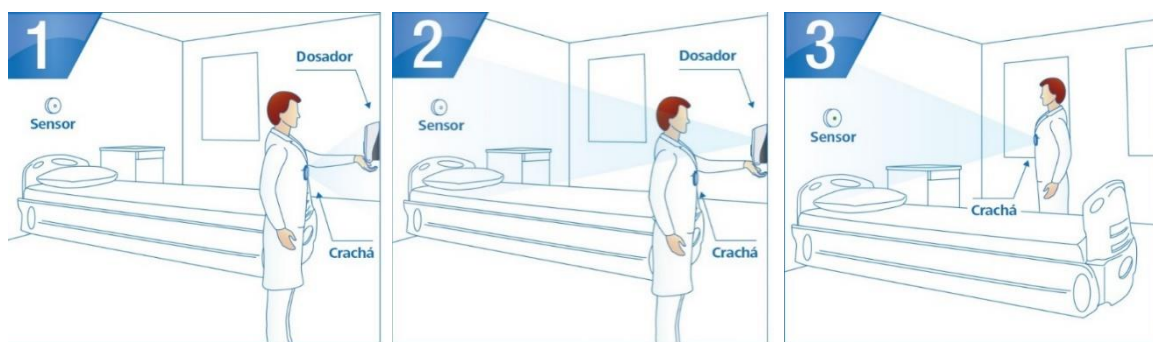
Em cada um dos leitos, há um ou dois *dispenser* de álcool gel e um sensor de parede com um aviso luminoso que se acende ao entrar em contato com o crachá de algum profissional (o sensor capta sinais num perímetro de aproximadamente 2 metros). Enquanto não houver higienização das mãos por parte do profissional – identificado pelo acionamento do *dispenser* de álcool gel – o aviso luminoso do sensor se acenderá em vermelho. A partir do momento em que houver o acionamento do *dispenser* de álcool gel, o aviso luminoso do sensor se acenderá em verde. Somente haverá sinalização do sensor caso ele reconheça algum crachá no seu perímetro de atuação, conforme demonstrado nas figuras 2 e 3. Na figura 4, podemos observar os crachás identificados conforme categoria profissional afixado na parede da unidade. Para que haja uma adequada interação entre o crachá e o sensor, este deve estar localizado na região torácica do profissional da saúde, como pode ser visto na figura 5.



Uma luz vermelha se acende (2b) acima do leito do paciente quando o profissional da saúde aborda o leito do paciente sem ter realizado a higiene das mãos. Uma luz verde se acende (2c) se a higiene das mãos foi realizada.

Figura 2. Sistema de *feedback loop* em tempo real

A figura 3 demonstra a sequência de passos para detecção de higiene das mãos realizada pelos profissionais da saúde: 1) pessoa higieniza as mãos e o dosador detecta o sinal de rádio emitido pelo crachá. 2) Dosador envia dados do crachá via rádio para o sensor ao lado do leito. 3) O sensor ao lado do leito monitora os sinais de rádio dos crachás. Se a pessoa higienizou as mãos a luz verde é acesa, caso contrário, a luz vermelha é acesa.



Fonte: Sistema Infectrack. São Carlos: i-HealthSys®; 2018 [citado 2022 Ago 1]. Disponível em: <https://i-healthsys.com.br/sistema>⁽⁵³⁾

Figura 3. Exemplo de utilização do sistema eletrônico de higienização das mãos



Figura 4. Painel com crachás identificados conforme categoria profissional



Figura 5. Adequado posicionamento do crachá

O sistema eletrônico é capaz de detectar todos os eventos de higienização das mãos realizados, com ou sem uso do crachá, fornecendo dados sobre a quantidade de álcool gel utilizada em cada leito, diferenciado por categoria profissional (enfermeiros, fisioterapeutas, médicos e técnicos de enfermagem) e por turno de

trabalho. O dispensador de álcool gel possui um contador eletrônico em seu interior, permitindo que os dados de sua utilização sejam automaticamente computados.

Além do levantamento sobre o número de eventos de higienização e consumo de álcool gel, o sistema também é capaz de levantar dados com relação a tempos de permanência ou assistência em cada leito e o número de vezes em que o paciente foi atendido.

Para a captura e armazenamento dos dados, o sistema eletrônico envia os dados para um computador que atua como um servidor de dados, dentro da unidade, especificamente destinado para esse fim, em que os dados são armazenados em uma base de dados e podem ser acessados através de uma conexão WiFi. Os sensores de leito formam automaticamente uma rede Zigbee para a transmissão dos dados para o computador, que em tempo real faz a análise e armazenamento dos dados, além do encaminhamento automático via *e-mail* para os médicos e os engenheiros responsáveis pelo projeto.

Toda essa engenharia culmina em um efeito comportamental positivo nos profissionais da saúde,⁽⁴⁹⁾ já que esses recebem uma notificação em tempo real que mostra como fazer para melhorar o seu próprio comportamento.^(49,54)

2.3.2 Sensores de infravermelho

A tecnologia envolvendo sensores de IR foi utilizada nos leitos 518-1 e 518-2.

A figura 6 demonstra o posicionamento dos diferentes itens envolvidos nessa tecnologia. (1) Sensor de leito do sistema de higienização, (2) dispensador com sensor de detecção de crachás e higienização na parede, (3) câmera com sensor IR instalada no teto do leito, (4) monitor multiparamétrico, (5) acesso para entrada e saída do leito, (6) bomba de infusão.

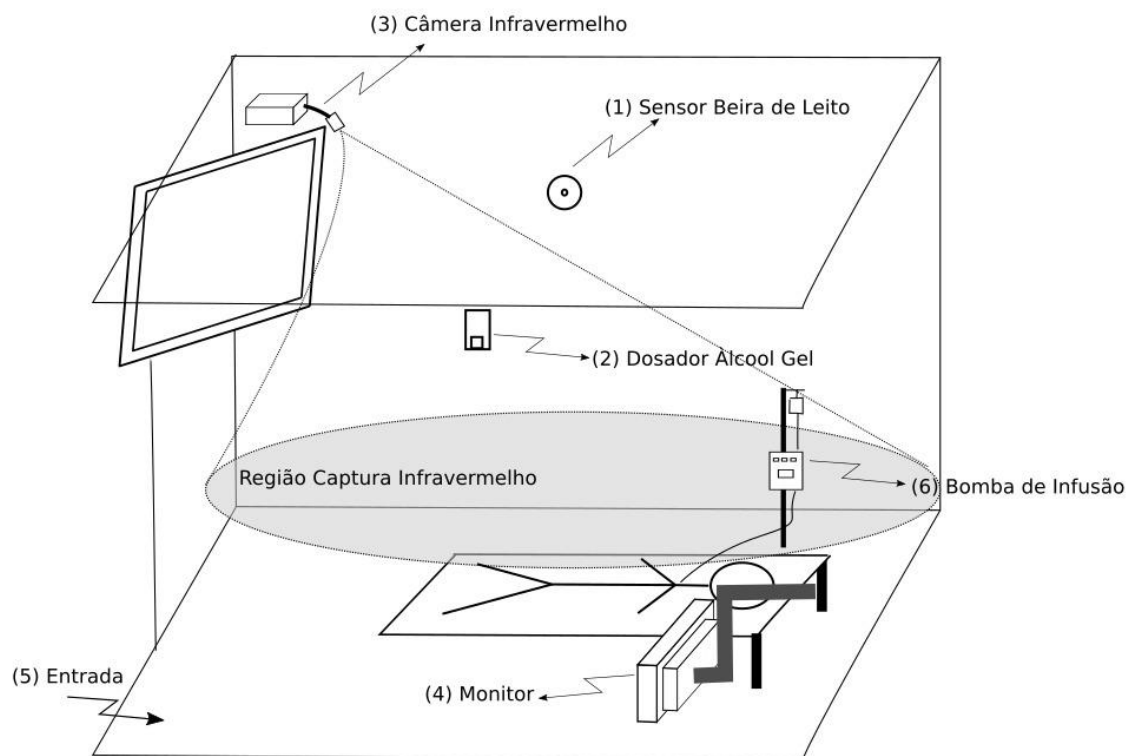
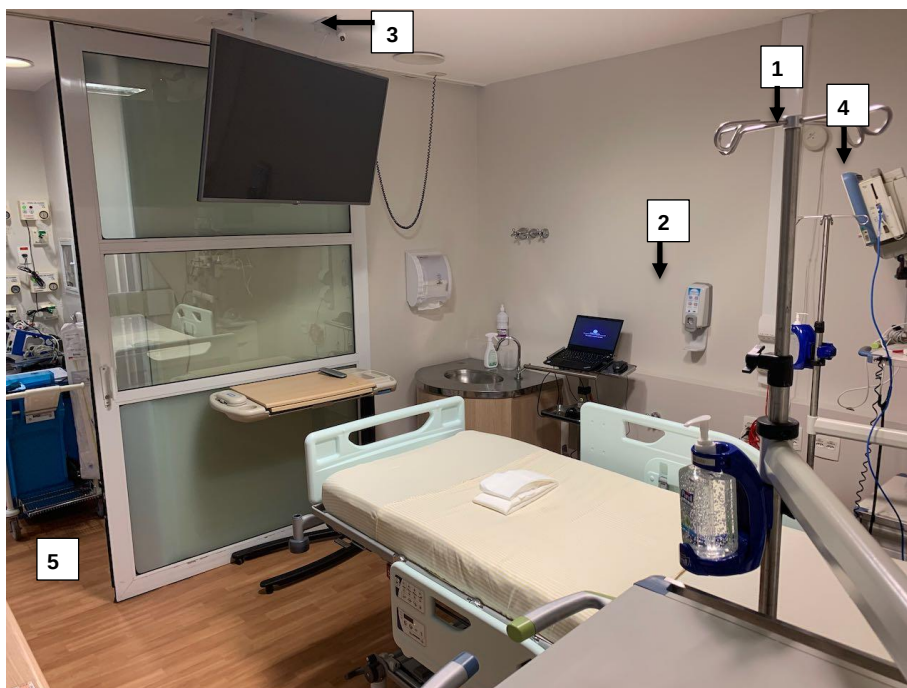


Figura 6. Demonstração do esquema de instalação dos sensores nos leitos 1 e 2 da unidade 18

A seguir, nas figuras 7 e 8, duas imagens de um dos leitos sem o paciente, demonstrando o posicionamento dos itens tal qual descrito na figura 6.



1. Sensor Infectrack; 2. Dispenser de álcool gel; 3. Sensor de infravermelho; 4. Monitor multiparamétrico; 5. Entrada e saída do leito.

Figura 7. Itens participantes do projeto nos leitos 1 e 2 da unidade 18



2. Dispenser de álcool gel; 3. Sensor de infravermelho; 4. Monitor multiparamétrico; 6. Bomba de infusão.

Figura 8. Itens participantes do projeto nos leitos 1 e 2 da unidade 18, em outro ângulo

A montagem da câmera com sensor IR pode ser vista na figura 9. A câmera foi montada perto da TV, onde já existe uma fonte de energia para ligar a câmera na tomada. Na figura 10, temos uma representação esquemática da área de cobertura da câmera com sensor IR.



Figura 9. Posicionamento da câmera com sensor infravermelho no teto do leito

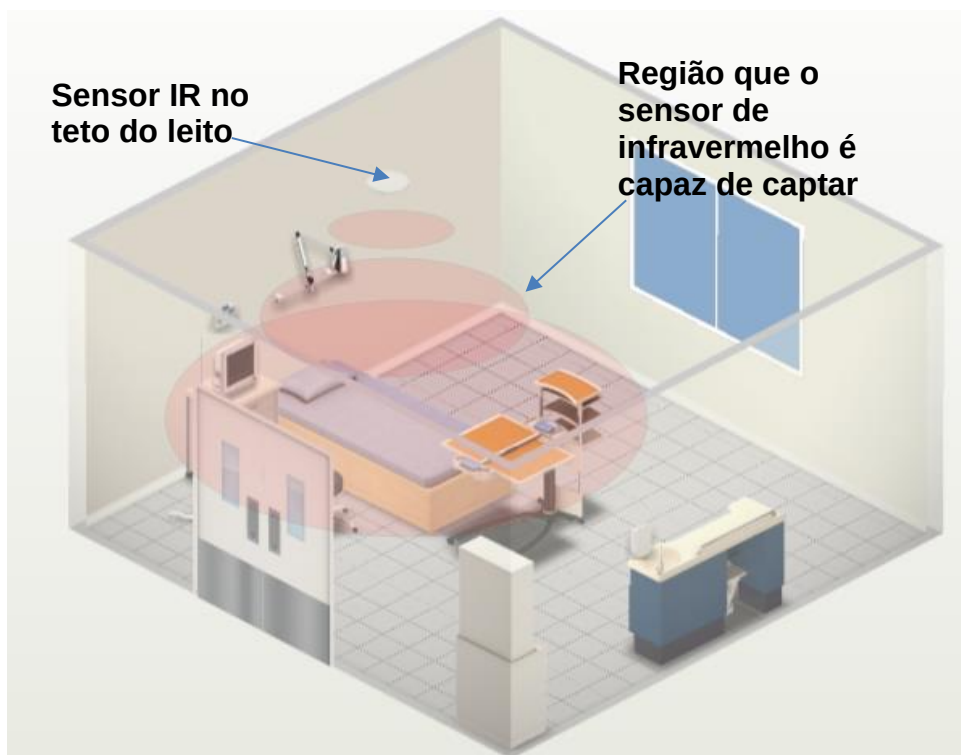


Figura 10. Sensor infravermelho posicionado no teto do leito e região de captura do sensor

O projeto do sistema de detecção por IR das oportunidades da higienização é baseado no processamento da imagem obtida por uma matriz de temperaturas detectadas pelo sensor sensível à radiação no espectro do IR. Sabendo-se a localização do leito do paciente e as localizações relativas dos equipamentos que estão dentro do leito, é teoricamente possível a detecção dos eventos de contato realizados pelos profissionais da saúde com o paciente e com os equipamentos (desde que os equipamentos emitam calor) e a trajetória percorrida por esses profissionais dentro do campo de visão da câmera.

A detecção dos eventos de higienização das mãos nos dispensadores de álcool gel é realizada pelo sistema eletrônico de higienização das mãos (Infectrack®) instalado dentro do leito. Através da integração entre os dados obtidos pelo sistema de IR e do sistema de higienização (Infectrack®), é possível a detecção cronológica entre as oportunidades de contato e as higienizações realizadas pelos profissionais da saúde. Além disso, caso ele esteja utilizando o crachá de identificação do sistema de higienização, é possível também a identificação da categoria profissional (enfermeiro, técnico em enfermagem, fisioterapeuta e médico), o instante em que o profissional entrou no leito, o instante em que o profissional saiu do leito, o tempo de permanência do

profissional dentro do leito e se esse profissional foi o que realizou a higienização das mãos.

A figura 11 mostra um exemplo da imagem obtida com a câmera de IR dentro do leito. Como pode ser visto nessa figura, todos os corpos e objetos que emitem calor podem ser detectados pela câmera. No caso exposto, podem ser vistos o paciente, outro profissional perto de realizar o contato físico com o paciente e os dois equipamentos que emitem calor (bomba de infusão e o monitor). As regiões em que se situa a cama do paciente, equipamentos etc., são pré-definidas e o *software* irá acompanhar em tempo real a movimentação dos profissionais e a detecção automática dos eventos de contato entre esses profissionais e os corpos/equipamentos que emitem calor.

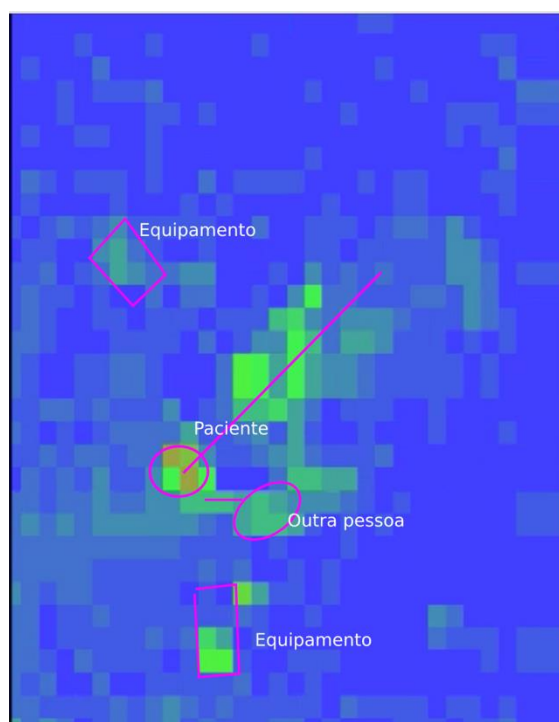


Figura 11. Representação obtida pela câmera de infravermelho, com o paciente, outra pessoa próxima do contato com o paciente e os dois equipamentos dentro do leito da unidade de terapia intensiva

Os leitos da UTI do HIAE são equipados com outros dispositivos de dispensação de álcool gel além dos dispensadores utilizados pelo projeto, a saber, *pump* de dispensação posicionados em pontos estratégicos dentro de cada leito, como demonstram as imagens na figura 12. Não foi possível a retirada desses dispositivos dos

leitos utilizados nesse estudo, após adequadamente discutido com a gerência do departamento de terapia intensiva bem como a Comissão de Controle de Infecção Hospitalar. Também não foi possível a monitorização da dispensação de álcool gel através desses dispositivos, incorrendo então infelizmente em um viés já conhecido desde o início do projeto.



Figura 12. Dispensador de álcool gel com a tecnologia de *feedback loop* (frasco à esquerda) e o *pump* de álcool gel que não computou o número de higienizações (frasco à direita)

A figura 13 mostra como a imagem é processada com uso de algoritmo de “*machine learning*”. O algoritmo realiza uma análise pré-processamento da imagem, sendo possível segmentar a imagem numa sequência. Após a segmentação, quando a posição do leito do paciente é conhecida, o algoritmo detecta o paciente e o profissional da saúde que está próximo a ele. Se o profissional da saúde realiza contato físico como o paciente, o algoritmo detecta e armazena. Todos os eventos de contato físico detectados são armazenados num banco de dados, processado juntamente com dados advindos do sistema de higiene das mãos. As taxas de aderência relacionados às oportunidades de higiene das mãos são calculadas de acordo com o “meus cinco momentos” para higiene das mãos, recomendados pela Organização Mundial de Saúde. O mesmo algoritmo detecta eventos de contato físico entre profissionais da saúde e os equipamentos dentro do leito.

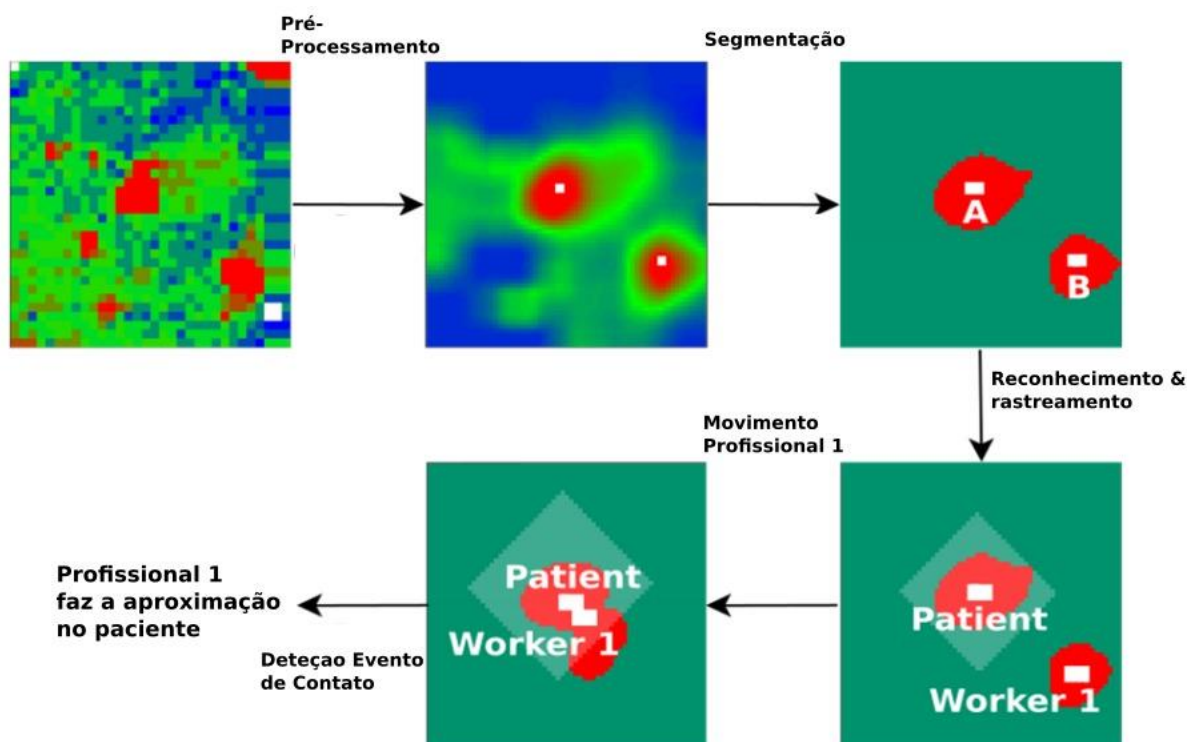


Figura 13. Processo utilizado para identificação de eventos de contato físico por meio de segmentação da imagem por “machine learning”

A manutenção do sistema basicamente é realizada com a troca de baterias dos crachás. Cada bateria dura cerca de 30 dias e mensalmente, um técnico da UTI é responsável pela troca delas. Diariamente, os médicos envolvidos no projeto checam se os sensores estão conectados à rede de alimentação elétrica, e se não estiverem, eles são conectados novamente.

Ambos os dispositivos – o *feedback loop* e o sistema IR – são constituídos de pequenas partes. O primeiro deles fica localizado na parede do leito e o segundo, logo acima do aparelho de televisão, de tal modo que o paciente praticamente não percebe a presença deles. Todo o sistema funciona de uma maneira muito discreta, preservando a privacidade do paciente.

2.4 Execução

O projeto foi dividido em três fases:

Fase 1: instalação e calibração do sistema a partir dos dados de observação humana realizados pela equipe;

Fase 2: pré-validação do sistema com os dados coletados pelo observador humano;

Fase 3: validação do sistema para a detecção das oportunidades de higienização das mãos utilizando a observação humana para os cinco momentos da higienização.⁽⁵⁵⁾

O quadro 1 mostra as fases do projeto com a descrição das atividades realizadas durante o período do estudo.

Quadro 1. Fases do projeto

Fase	Descrição	Período
1	a) Instalação dos sensores nos leitos b) Configuração dos sensores c) Calibração utilizando observadores humanos	Outubro/2016 a agosto/2018
2	Pré-validação com dados dos sensores e observadores humanos	Setembro/2018 a junho/2020
3	Validação entre observadores humanos e observadores eletrônicos	Julho/2020 a dezembro/2020

Na fase 1, transcorrida no período entre outubro de 2016 a agosto de 2018, foi realizada a instalação dos dispositivos no primeiro leito, o desenvolvimento do aplicativo em plataforma Android para ser utilizado na observação humana para a anotação dos eventos de contato, higienização das mãos, e entrada e saída do leito pelos profissionais da saúde, conforme pormenorizado a seguir. Os dados armazenados no aplicativo foram utilizados para validar as oportunidades de higienização das mãos realizadas pelos profissionais da saúde e capturados pelo sistema eletrônico.

Para a anotação dos eventos de observação para a pré-validação do sistema, foi desenvolvido um aplicativo na plataforma Android (versão KitKat) e disponibilizado dois *tablets* para a equipe fazer a coleta de dados nos dois leitos da UTI. Ele estava sincronizado com o sistema de higienização das mãos para que fosse possível a comparação com os eventos detectados pelo sistema de higienização das mãos e pela câmera de IR.

O aplicativo possuía uma interface gráfica com botões para a anotação dos eventos de contato e higienizações das mãos, a categoria do profissional que entrou no leito e que foi o responsável pelo evento de contato ou higienização. O *software* mostrava uma contagem regressiva no alto da tela, com um botão de início de

coleta, para cronometrar o tempo da observação, que era determinado previamente pelo observador.

Segue descrição dos eventos coletados no aplicativo durante a observação, como mostrado nas figuras 11 e 12:

1. Nova observação (Figura 14.a):

a) Tempo de observação (padrão 20 minutos, pode ser modificado);

b) Ala: UTI 518;

c) Leito: 518-1 (ou 518-2).

2. Categorias (Figura 14.b):

a) Médico;

b) Enfermeiro;

c) Técnico em enfermagem;

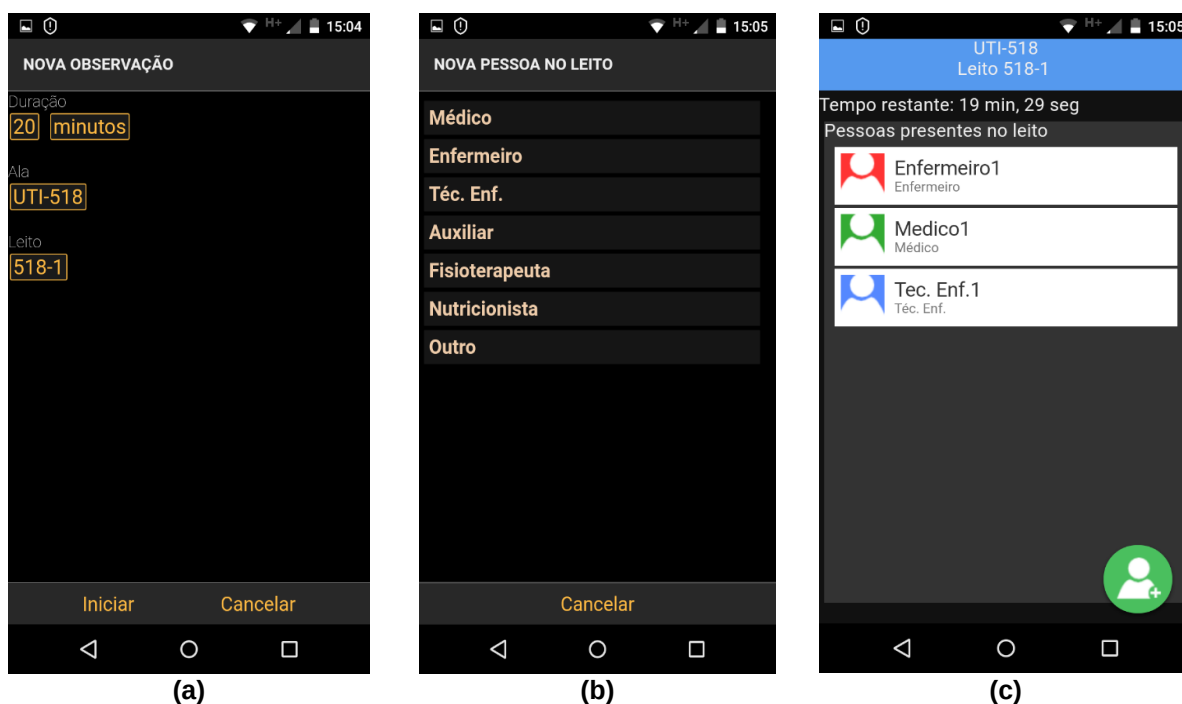
d) Auxiliar em enfermagem;

e) Fisioterapeuta;

f) Nutricionista;

g) Outro.

3. Profissionais dentro do leito: mostra os profissionais que estão atualmente dentro do leito e que foram anotados (Figura 14.c).



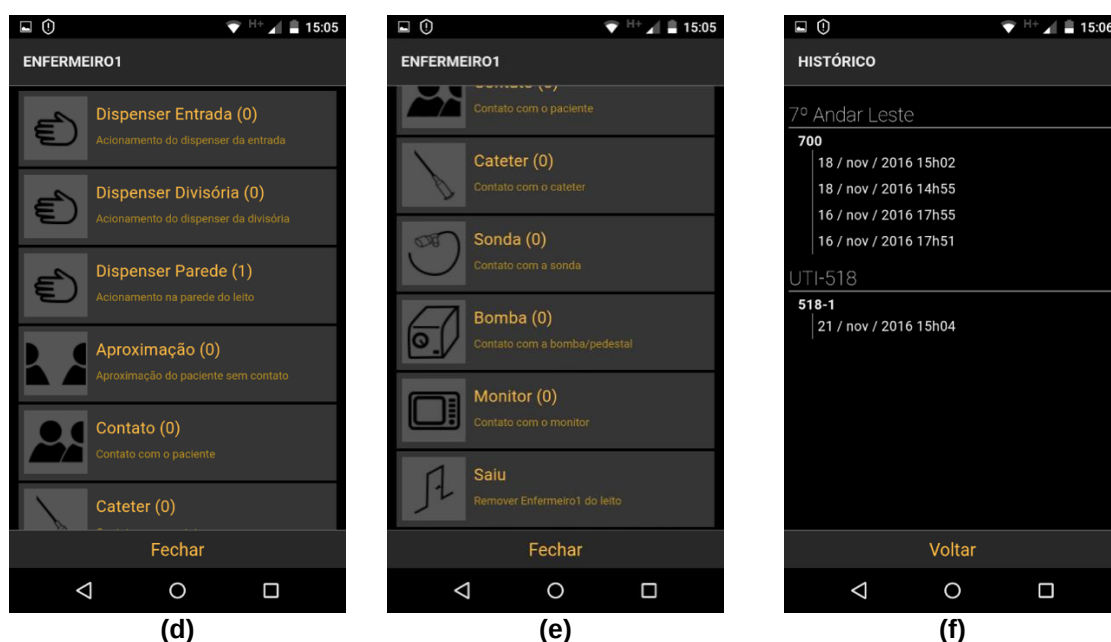
(a) início da observação, com pré-setagem de 20 minutos, unidade e leito; (b) categoria profissional dentro do leito; (c) tela mostrando categorias profissionais presentes no leito.

Figura 14. Telas do aplicativo

4. Eventos de contato (Figura 15.d e Figura 15.e) para um determinado profissional:

- a) *Dispenser* na entrada, fora do leito;
- b) *Dispenser* na divisória (bancada do posto A);
- c) *Dispenser* na parede;
- d) Aproximação ao paciente;
- e) Contato com o paciente;
- f) Contato com o cateter;
- g) Contato com sonda;
- h) Contato com bomba de infusão;
- i) Contato com monitor multiparamétrico;
- j) Saída do leito do profissional.

5. Histórico de visitas para observação: mostra o histórico de todas as visitas com observação, sendo possível a recuperação e envio via *e-mail* ou compartilhamento dos arquivos de dados de observação e dos vídeos da câmera de IR.



(d) eventos de acionamento do dispenser na entrada do leito, na divisória (Posto A), na parede, aproximação ao paciente, contato com paciente, contato com cateter; (e) contato com sonda, contato com bomba, contato com monitor, saída do leito; (f) histórico das visitas de observação.
Figura 15. Continuação das telas do aplicativo

Abaixo, a figura 16 mostrando o percurso e a ordem dos eventos, em formato gráfico. Para cada evento é anotado a data/horário em que estes ocorreram, a categoria do profissional, e onde ele fez o contato ou a higienização.

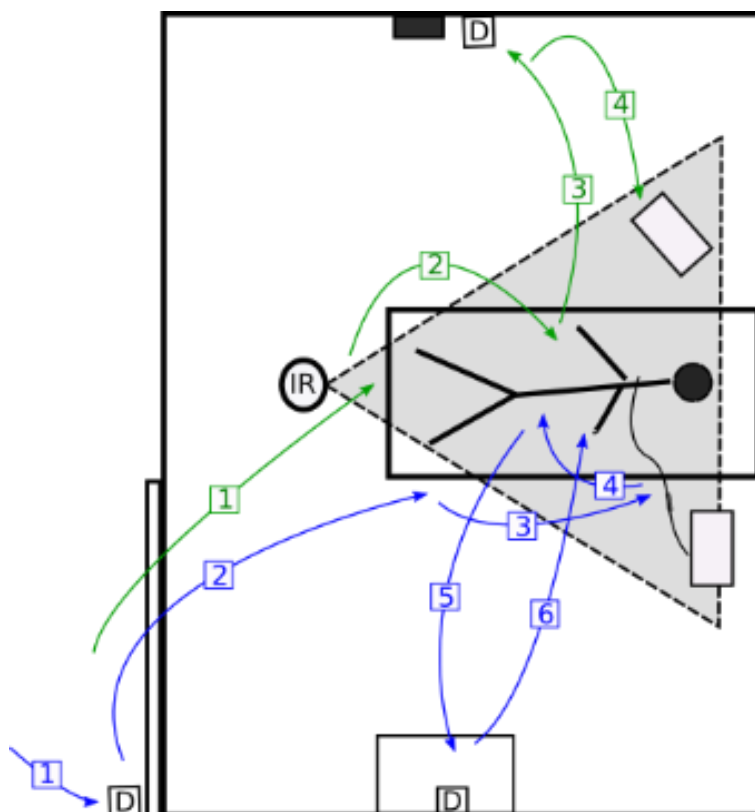


Figura 16. Percurso e ordem dos eventos de contato e higienização dentro do leito obtidos pela observação

A comparação entre os eventos anotados pelo aplicativo e os obtidos pelo sistema de higienização das mãos (eventos de higienização, identificação dos crachás) e pelo algoritmo de interpretação da imagem em IR foi utilizada para se determinar a correlação entre os eventos anotados e os detectados pelo sistema.

Baseado nos dados das observações iniciais, foram realizados ajustes no *software* do sistema, troca da câmera com uma lente com ângulo maior (de 45 para 90°) para capturar uma área maior ao redor da cama do paciente, seguido pela instalação dos dispositivos no segundo leito.

A fase 2, compreendida entre setembro de 2018 a junho de 2020, foi a de pré-validação do sistema, realizada através da comparação com os eventos coletados pela observação humana com o sistema eletrônico. A aderência à higiene das mãos foi calculada como o número de episódios de higienização das mãos dividido pelo

número de oportunidade de higienização das mãos. O algoritmo de “*machine learning*” do sensor IR foi calibrado utilizando os dados obtidos pelas observações humanas.

No início dessa fase foi realizada a validação entre os dois observadores humanos envolvidos no estudo com os 5 momentos da higienização das mãos, utilizando o aplicativo iScrub Lite, desenvolvido pela SwipeSense Inc (Chicaco, EUA). Essa validação ocorreu após adequado treinamento com membros da Comissão de Controle de Infecção Hospitalar, realizada em leitos de UTI que não fizeram parte do estudo, com as observações ocorrendo ao mesmo tempo, nos mesmos leitos, para após comparar as taxas de aderência obtidas.⁽⁵⁶⁾ A escolha do aplicativo iScrub Lite consistiu essencialmente por ser o aplicativo mais utilizado mundialmente para coleta de dados envolvendo higienização das mãos – além de ser de fácil manuseio, acesso gratuito e universal e suprir as demandas que o estudo necessitava.

A fase 3 ocorreu entre julho de 2020 a dezembro de 2020 e após a validação entre os dois observadores, as observações de higienizações das mãos foram iniciadas, cerca de 15 minutos a cada dia, em qualquer dos dois leitos, em qualquer momento do dia. Os médicos observadores não se encontravam de plantão nessas unidades nos momentos da coleta. Os dados obtidos (potenciais oportunidades de higiene das mãos, e oportunidades observadas, realizadas ou não) eram gravados em um aparelho iPhone 10Xs, e após a coleta dos dados, todas as informações eram organizadas em um arquivo de Excel e enviado via *e-mail* através de sistema Wi-Fi para um servidor central.⁽⁵⁷⁾ Os dois médicos registravam apenas as oportunidades de higiene das mãos relacionadas ao cuidado do paciente quando a higiene das mãos deveria ser realizada, conforme especificado pelas indicações da Organização Mundial da Saúde.⁽⁵⁸⁾ Todos os profissionais da saúde na unidade foram observados durante os diferentes períodos do dia, tanto em dias da semana, quanto finais de semana.

Caso os médicos fossem questionados pelos profissionais da saúde, eles explicavam que estavam observando problemas diversos que necessitavam correções naquela unidade. Até onde eles tenham conhecimento, o time da UTI nunca soube sobre a auditoria de higiene das mãos.

A pandemia da COVID-19 interrompeu o estudo por alguns meses já que os leitos estavam sendo usados por pacientes com COVID-19 e o acesso à essa área foi restrito aos profissionais da saúde que pertenciam ao setor. A partir de julho de 2020, o sistema IR começou a funcionar 24 horas por dia e os dados coletados dessas 24 horas foram utilizados para estimar a aderência à higiene das mãos na UTI sem a

presença do observador humano. Foi realizada uma comparação entre as taxas de aderência à higiene das mãos quando da presença do observador humano, bem como as taxas de aderência à higiene das mãos calculadas pelo sistema eletrônico.

Os eventos de higiene das mãos foram registrados por contadores eletrônicos com PURELL (detergente instantâneo de mãos composto por 70% de álcool etílico + 4% álcool isopropílico – bolsas de 1 litro). O dispensador (modelo NXT 1 litro) registrava apenas 1 evento a cada 2 segundos, mesmo que tenha sido utilizado mais de 1 jato do líquido. Os bicos dos dispensadores não obstruíam, pois a cada 48 horas um técnico checava os dispensadores e trocava os que estivessem vazios, em todos os leitos da UTI. Havia 8 dispensadores com álcool gel em cada unidade, sendo 2 dispensadores em dois leitos e 1 dispensador em outros dois leitos, além de outros dois dispensadores entre dois leitos.

Quando o cálculo de acurácia fosse necessário, ele era realizado da seguinte maneira: $\text{acurácia} = 100\% - (\text{valor observado} - \text{valor de referência}) / \text{valor de referência} \times 100$. No nosso caso, o valor observado é o observador eletrônico e o valor de referência é o observador humano.

2.5 Análise estatística

Dados qualitativos foram descritos por frequências absolutas e porcentagens. Medianas e quartis foram preferidos em casos de assimetria na distribuição amostral. Para avaliar a concordância entre as medidas, utilizamos gráficos de dispersão, gráficos de Bland-Altman e coeficientes de correlação intraclass, acompanhados de intervalos de 95% de confiança. Cada ponto no gráfico de dispersão representa o número de oportunidades ou higienizações identificados em um intervalo de observação humana comparado à observação eletrônica no mesmo período de tempo. Os coeficientes de concordância foram comparados à classificação presente em Altman, que considera como ruins os coeficientes menores que 0,2, razoáveis aqueles entre 0,2 e 0,4, moderados aqueles entre 0,4 e 0,6, bons entre 0,6 e 0,8 e excelentes aqueles acima de 0,8. As análises foram realizadas com auxílio do programa R i386 4.1.3 (www.r-project.org) – *software* para análise estatística.

2.6 Fonte de fomento

Não contamos com fonte de fomento para realização do estudo. Os custos envolvidos foram distribuídos entre os membros envolvidos com a execução do projeto.

3 RESULTADOS

A fase 1 consistiu na instalação, configuração e demais ajustes do sistema, e os dados coletados pelo *software* foram utilizados para calibrar os dados coletados pelo sistema eletrônico, a saber, o número de oportunidades de higiene das mãos e os episódios de higiene das mãos.

A figura 17 confere uma visão geral das fases de pré-validação e validação, incluindo a quantidade de observações humanas e eletrônicas de eventos de higienização das mãos e o tempo de duração em cada uma das fases.

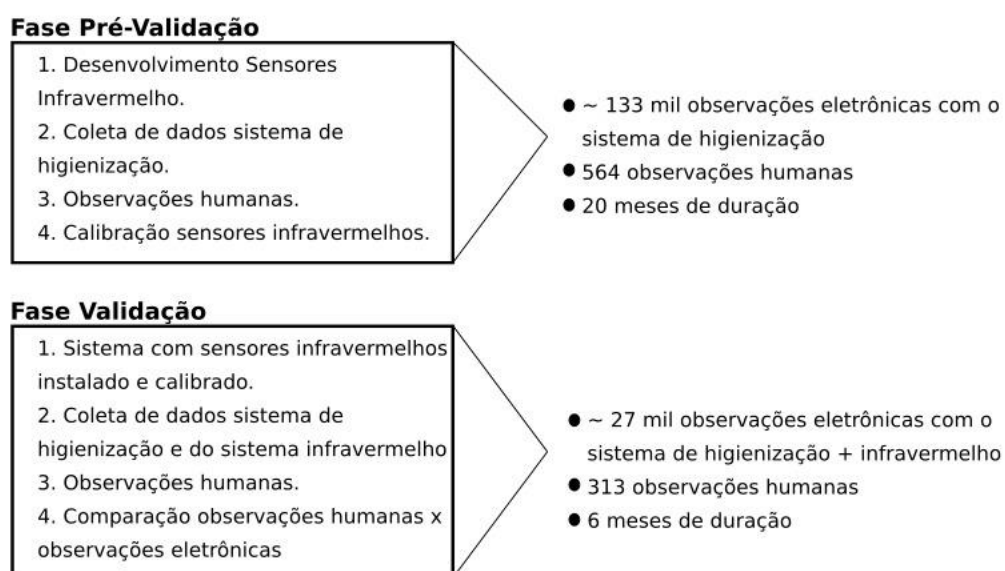


Figura 17. Visão geral das fases de pré-validação e validação

3.1 Fase pré-validação

No início da fase 2, a concordância entre os dois médicos foi realizada, auditada por um profissional da Comissão de Controle de Infecção Hospitalar, e os resultados obtidos foram 189 oportunidades de higiene das mãos realizadas pelos profissionais da saúde nos leitos envolvidos no estudo, com um coeficiente de concordância kappa 0,97 (0,93 – 1,01, $p < 0,001$) obtido entre os dois observadores humanos. Após essa validação, a coleta de dados teve continuidade e 1.001 observações de higiene das mãos foram realizadas pelos observadores humanos. A maioria delas ocorreu durante os dias da semana (96,2%). A tabela 1 mostra o resumo

das observações de higiene das mãos realizadas pelos observadores humanos nessa fase. A aderência na higiene das mãos obtida pelos observadores humanos nessa fase foi de 56,3%.

Conforme os 5 momentos da higiene das mãos, as oportunidades obtidas foram: 36,3% correspondeu à higiene antes de tocar no paciente, 35,1% após contato com o ambiente, 22,2% após tocar o paciente, 3,5% após risco/exposição de contato com fluidos corporais e 3,0% antes de procedimentos assépticos.

Na fase de pré-validação (20 meses), o observador eletrônico registrou 132.953 episódios de higiene das mãos enquanto os observadores humanos registraram 564.

Na fase de pré-validação, a aderência à higiene das mãos para o observador humano foi 56,3% e para o observador eletrônico foi de 51%.

Tabela 1. Dados coletados pelos observadores humanos na fase 2 do estudo

Distribuição dos dados obtidos	Fase de pré-validação n (%)
Final de semana	
Não	963 (96,2)
Período do dia	
Manhã (0700-1259)	334 (33,4)
Tarde (1300-1859)	374 (37,4)
Noite (1900-0659)	293 (29,3)
Oportunidades de higiene das mãos	
Antes de contato com o paciente	363 (36,3)
Antes de procedimentos limpos/assépticos	30 (3,0)
Após exposição/risco a fluído	35 (3,5)
Após contato com o paciente	222 (22,2)
Após contato com o ambiente	351 (35,1)
Higienização das mãos	
Sim	564 (56,3)
n=1.001.	

3.2 Fase validação

Na fase 3, os observadores humanos registraram 484 oportunidades de higiene das mãos. Assim como na fase 2, a maioria das observações ocorreu durante os dias da semana (96,7%). A tabela 2 mostra o resumo das observações humanas na fase de validação com os mesmos parâmetros calculados como na tabela 1. A aderência à higiene das mãos obtida nessa fase foi 64,7%. O maior número de oportunidades de

higiene das mãos ocorreu antes do contato com o paciente (36,3%), seguido pelo após contato com o ambiente (34,7%).

Na fase de validação, que durou 6 meses, o observador eletrônico registrou 27.047 episódios de higiene das mãos enquanto os observadores humanos registraram 313 episódios no mesmo período.

Na fase de validação, a aderência à higiene das mãos para o observador humano foi 64,7 e 70,6% para o observador eletrônico.

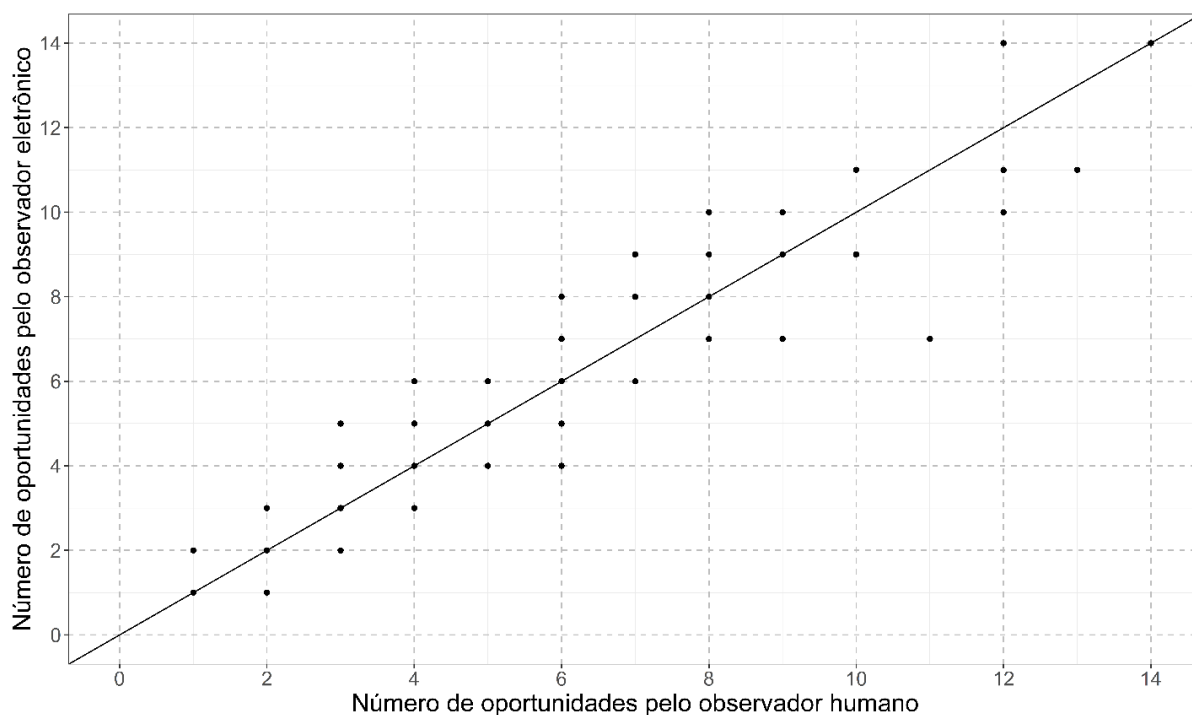
Tabela 2. Dados coletados pelos observadores humanos na fase 3 do estudo

Distribuição dos dados obtidos	Fase de validação n (%)
Final de semana	
Não	468 (96,7)
Período do dia	
Manhã (0700-1259)	308 (63,6)
Tarde (1300-1859)	152 (31,4)
Noite (1900-0659)	24 (5,0)
Oportunidades de higiene das mãos	
Antes de contato com o paciente	168 (34,7)
Antes de procedimentos limpos/assépticos	1 (0,2)
Após exposição/risco a fluido	10 (2,1)
Após contato com o paciente	114 (23,6)
Após contato com o ambiente	191 (39,5)
Higienização das mãos	
Sim	313 (64,7)
n=484.	

A aderência à higiene das mãos medida pelo observador eletrônico foi 61 *versus* 64,7% obtido pelos observadores humanos no mesmo momento. A acurácia para higiene das mãos comparando observador eletrônico com observador humano foi 81%.

A figura 18 mostra a representação do número de oportunidades identificadas pelo observador eletrônico e observador humano em todos os intervalos de tempo, e cada ponto pode conter mais de uma oportunidade observada. A linha diagonal no gráfico é a referência de concordância, esperávamos que os pontos estivessem sobre essa linha ou próximos a ela para indicar concordância. Observamos que a nuvem de pontos se distribui aleatoriamente tanto acima quanto abaixo da reta diagonal, mostrando que não há viés na identificação de oportunidade pelos dois métodos. O coeficiente de correlação intraclassa estimado para número de oportunidades foi 0,950 (IC 95% de

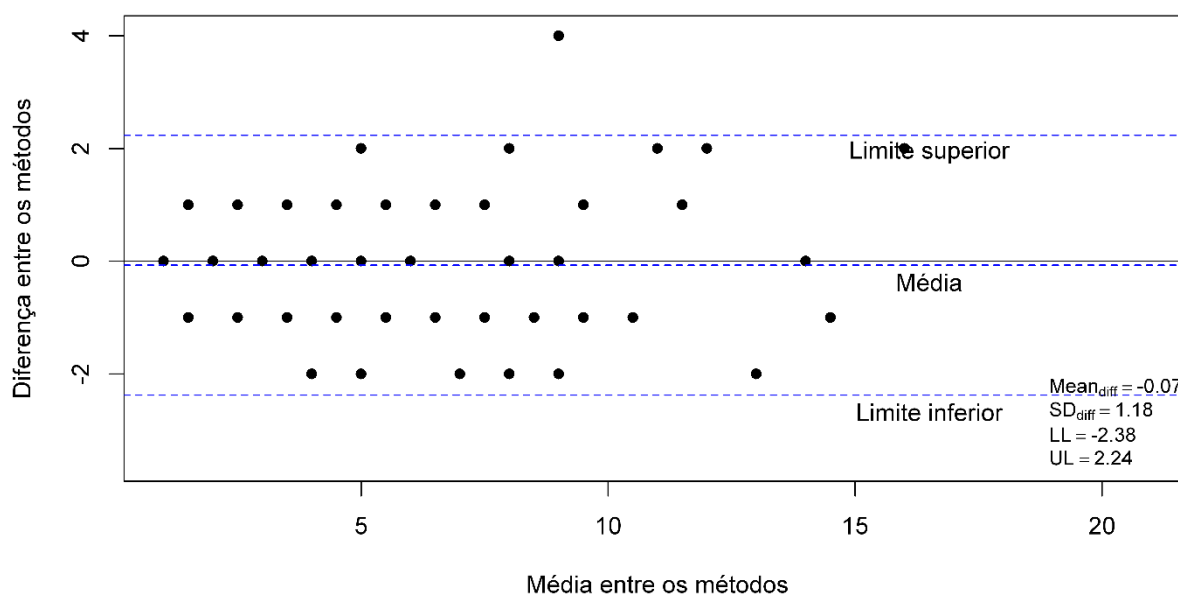
0,925 a 0,967, valor- $p < 0,001$), ou seja, há evidências de concordância forte entre as medidas dos dois métodos para número de oportunidades.



n=86.

Figura 18. Aderência nas oportunidades de higiene das mãos entre observador humano e eletrônico

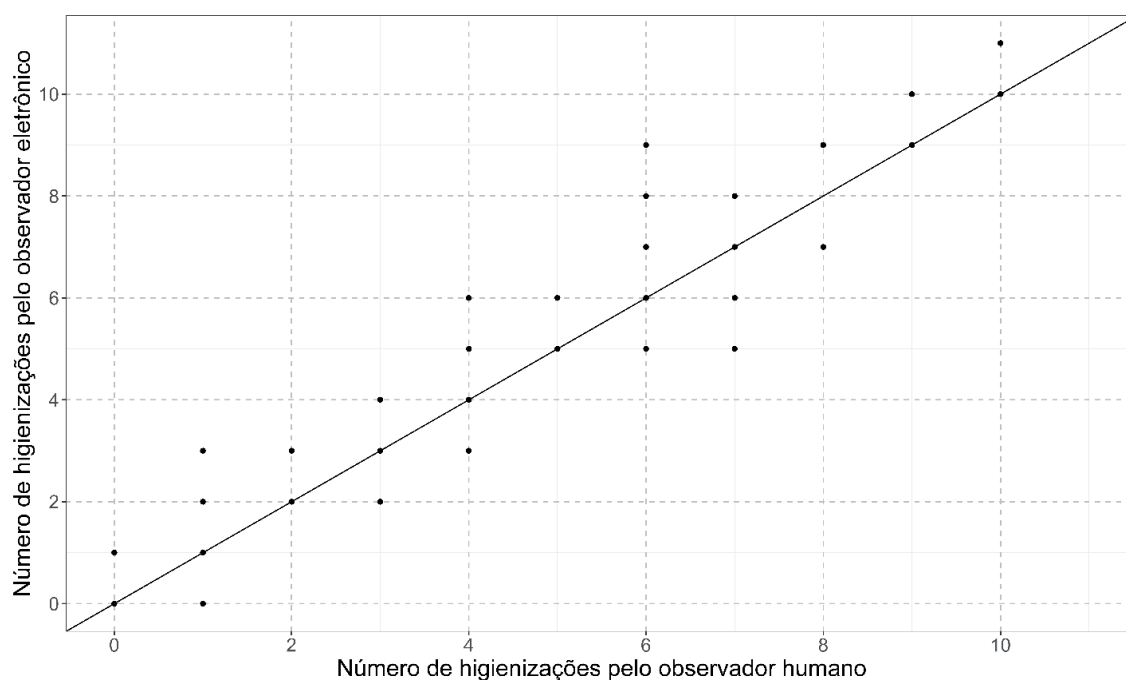
A figura 19 demonstra o mesmo grupo de dados, porém, através de Bland-Altman.



n=86.

Figura 19. Número de oportunidades de higienização por período de observação

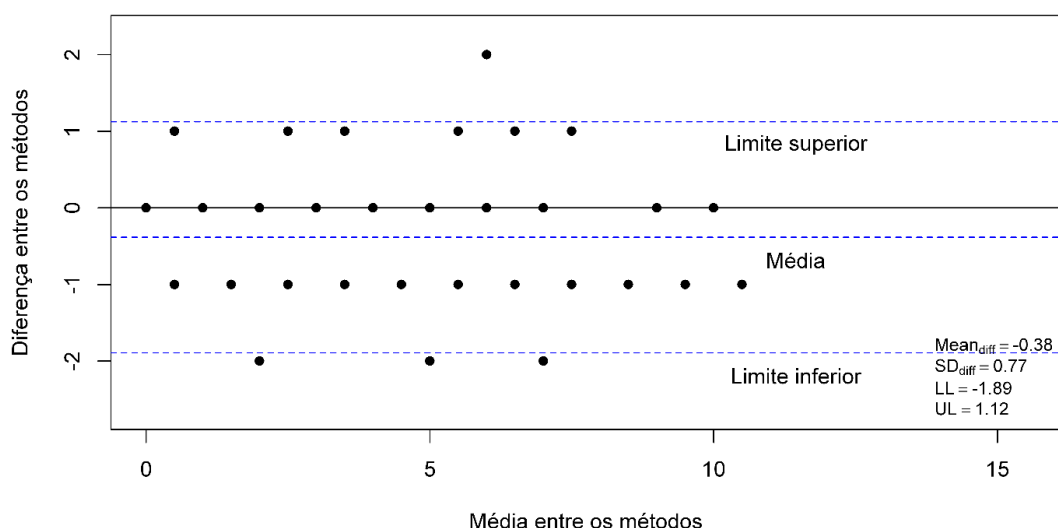
O número de episódios de higiene das mãos identificado pelo observador eletrônico e pelos observadores humanos é mostrado na figura 20. Os pontos são concentrados abaixo da linha diagonal e o coeficiente de correlação intraclassa estimado para o número de higienização das mãos foi 0,948 (IC 95% 0,894 a 0,971, $p < 0,001$), ou seja, há evidências de boa concordância entre as medidas dos dois métodos para número de higienizações.



n=86.

Figura 20. Aderência no número de higienizações entre observador humano e eletrônico

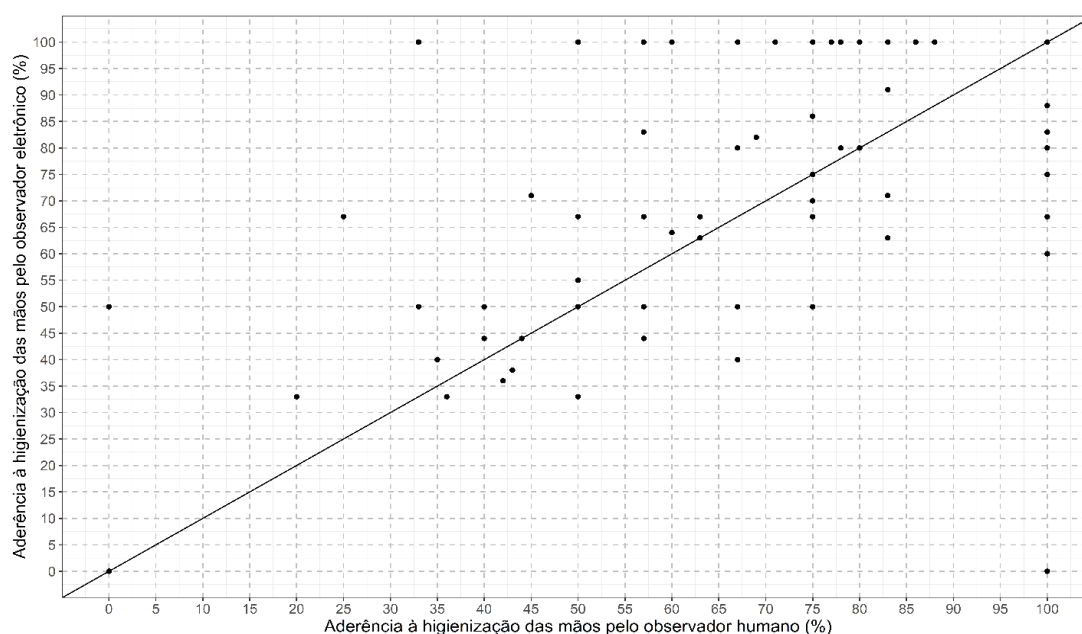
A figura 21 demonstra o mesmo grupo de dados, porém, através de Bland-Altman.



n=86.

Figura 21. Número de higienizações por período de observação

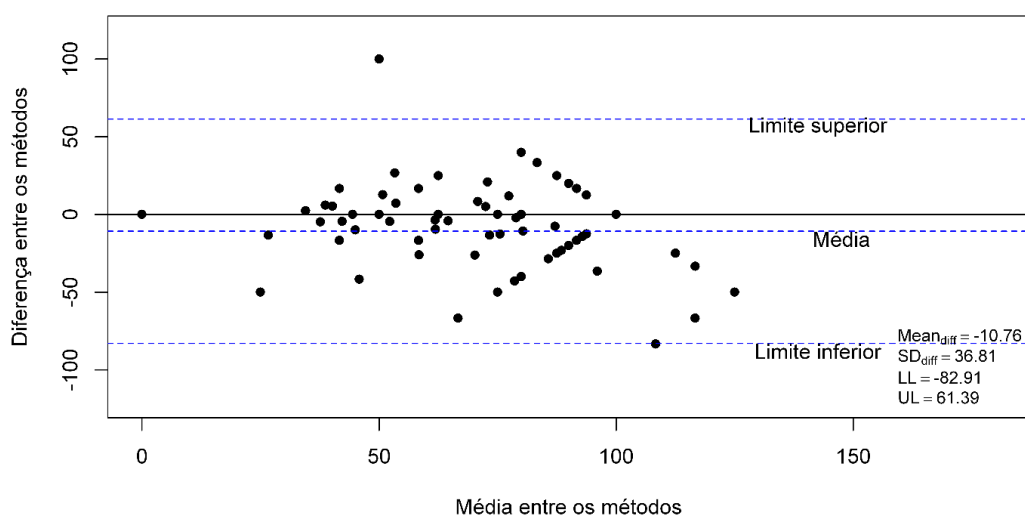
A figura 22 demonstra as taxas de aderência à higiene das mãos entre o observador eletrônico e o observador humano e o coeficiente de correlação intraclassa estimado para número de higienizações foi 0,707 (IC 95% de 0,581 a 0,799, valor- $p < 0,001$), ou seja, há evidências de moderada concordância entre as medidas dos dois métodos para adesão à higienização.



n=86.

Figura 22. Comparação entre aderência à higiene das mãos pelo observador humano *versus* aderência à higiene das mãos pelo observador eletrônico

A figura 23 demonstra o mesmo grupo de dados, porém, através de Bland-Altman.



n=86.

Figura 23. Taxa de aderência à higienização por período de observação

O observador eletrônico de higiene das mãos funcionou 24 horas por dia em todos os 7 dias da semana e calculou uma aderência à higiene das mãos de 46,4% (6.076/13.105) no leito A e 34,2% (4.566/13.316) no leito B, com uma aderência global de 40,3% (10.642 higienizações e 26.421 oportunidades) em ambos os leitos, sem a presença dos observadores humanos.

A tabela 3 demonstra o número de episódios de higiene das mãos registrados pelos observadores humanos e eletrônicos nos leitos do estudo. A mesma tabela mostra também um resumo da aderência à higiene das mãos em cada fase do projeto registrado pelos observadores humanos e eletrônico.

Tabela 3. Número de higienizações e taxa de aderência à higiene das mãos em cada fase

Fase de pré-validação (20 meses)		Fase de validação (6 meses)	
Número de higienizações, n(%)		Número de higienizações, n(%)	
Observador humano	564 (0,4)	Observador humano	313 (1,1)
Observador eletrônico	132,953 (99,6)	Observador eletrônico	27,047 (98,9)
Aderência à higiene das mãos, (%)		Aderência à higiene das mãos, (%)	
Observador humano	56,3	Observador humano	64,7
Observador eletrônico	51,0	Observador eletrônico*	70,6

*Observador eletrônico funcionando 24 horas por dia sem a presença do observador humano teve uma aderência à higiene das mãos de 40,3%.

Na fase de validação, a câmera infravermelha capturou 26.421 oportunidades de higiene das mãos nos leitos do estudo com 10.642 episódios de higiene das mãos detectados. No mesmo período, os observadores humanos

registraram 484 oportunidades de higiene das mãos e 313 episódios de higiene das mãos. A aderência à higiene das mãos foi 40,3% para observador eletrônico funcionando 24/7 e 64,7% para os observadores humanos (Tabela 4). Essa diferença (64,7 *versus* 40,3%) pode ser explicada pelo efeito Hawthorne, com o sistema eletrônico monitorando 24 horas por dia e demonstrando uma aderência à higiene das mãos significativamente menor quando comparado aos observadores humanos. A acurácia nas oportunidades de higiene das mãos detectada pelo observador eletrônico comparado ao observador humano foi 86%.

Tabela 4. Taxa de aderência à higiene das mãos para observador humano e observador eletrônico funcionando 24 horas por dia sem a presença do observador humano

Método de observação	Oportunidades	Higienização	Aderência à higiene das mãos (%)
Eletrônico 24/7	26.421	10.642	40,3
Humano	484	313	64,7

4 DISCUSSÃO

Este estudo demonstrou a comparação das taxas de higiene das mãos entre o sistema eletrônico e os observadores humanos. A taxa de captura dos episódios de higiene das mãos é similar, mas as taxas de aderência são bastante diferentes devido ao número muito maior de observações e ao efeito Hawthorne que foi provado em nosso estudo. Nosso sistema eletrônico de higiene das mãos foi projetado para garantir que os profissionais da saúde realizassem a higiene das mãos previamente ao atendimento ao paciente, emitindo um aviso automático para fazê-lo.⁽⁵⁴⁾

A observação dos profissionais da saúde envolveu observação direta do comportamento da higiene das mãos e permitiu o registro prospectivo do número de indicação de higiene das mãos, oportunidades e ações. Ao escolher uma ferramenta para medir a adesão à higiene das mãos, é importante saber quais indicações serão capturadas. A aderência à higiene das mãos é calculada dividindo o número de ações de higiene das mãos realizadas quando existe uma oportunidade pelo número total de oportunidades de higiene das mãos.^(55,59) Este estudo foi possível através do desenvolvimento de um sistema eletrônico de higiene das mãos que registrou todas as oportunidades de higiene das mãos e cada alíquota de álcool gel dispensada junto com a oportunidade, realizada por um profissional de saúde. Foi desenvolvido ainda um sistema IR capaz de detectar oportunidades de contato físico entre profissionais de saúde e pacientes, e também com o ambiente no qual o paciente se encontrava hospitalizado. O algoritmo desenvolvido para o sistema IR foi baseado na segmentação de imagens usando técnicas de “*machine learning*”. Foi possível gerar um percentual de aderência à higiene das mãos porque o sistema eletrônico de higiene das mãos foi acoplado ao sistema IR. Esse sistema acoplado aumenta a precisão das taxas de aderência à higiene das mãos por meio da discriminação aprimorada das oportunidades de higiene das mãos (por exemplo, quando um profissional de saúde entra no leito e não toca o paciente ou o ambiente, nenhuma oportunidade de higiene das mãos é reconhecida).

Um longo período de estudo foi necessário para validar os métodos tecnológicos. O desenvolvimento do *hardware* (sensores de radiofrequência, crachás, câmera infravermelha e servidor local com conexão WiFi) e *software* (um aplicativo móvel para coleta inicial dos dados e o algoritmo criado via “*machine learning*” para

traduzir as imagens capturadas através da câmera infravermelha em dados) levou vários meses.

Ainda há muito trabalho em práticas padronizadas de observação direta, particularmente treinamento e validação de observadores, se mais de um observador estiver coletando dados.⁽⁵⁶⁾ A confiabilidade entre observadores é muitas vezes referida como confiabilidade entre observadores ou concordância entre observadores.^(10,56) Depois que dois ou mais observadores documentam o mesmo evento, a concordância entre observadores é determinada pela comparação da quantidade de concordância ou discordância em suas medidas.^(10,56) Esse foi um dos motivos para a decisão de manter apenas dois observadores realizando a observação de higiene das mãos, pois um sistema eletrônico de higienização das mãos estava em validação. A taxa de concordância obtida entre os dois observadores humanos foi excelente (teste kappa 0,97).

A observação direta é considerada o método padrão ouro para avaliar a adesão à higiene das mãos^(1,11,12) e representa uma estratégia importante de combate à infecção e mesmo em centros médicos avançados, a aderência à higiene das mãos ainda pode ser baixa.⁽⁶⁰⁻⁶²⁾ Knepper et al. demonstraram em seu estudo “quasi-experimental” que após o uso combinado de um sistema de monitorização da higiene das mãos combinado a uma intervenção, a aderência à higiene das mãos teve uma rápida ascensão, acompanhada simultaneamente de uma queda expressiva na taxa de infecção por *Clostridium difficile*.⁽⁶³⁾ As justificativas para não aderência são diversas, e vão desde sobrecarga de trabalho a falta de estímulo para aderência à higiene das mãos.^(1,64) Dentre outras vantagens, a observação direta permite a detecção de oportunidades mesmo em situações particulares, trazendo dados adicionais em relação ao uso de luvas e técnica de higienização, por exemplo.⁽⁶⁵⁾ A Organização Mundial da Saúde recomenda observar um mínimo de 200 oportunidades durante cada período de medição em um ambiente específico (por exemplo, hospital ou enfermaria) para permitir uma comparação significativa antes e depois das intervenções de melhoria da higiene das mãos.⁽⁵⁵⁾

Linam et al. demonstraram que o tempo necessário para realizar ao menos uma observação foi de até 10 minutos para 85% dos observadores.⁽¹⁰⁾ Já McLaws et al. demonstraram que a observação humana coletou 9-10 oportunidades de higiene das mãos durante os 20 minutos diários de observação.⁽⁴²⁾ Após intervenção educativa, houve uma melhora de 11% na percepção sobre a higienização das mãos e os cinco

momentos, observado através da aplicação de questionários aos profissionais da saúde.⁽¹⁰⁾ Naquela ocasião, 86% dos profissionais afirmaram não terem notado que suas práticas de higiene das mãos estavam sendo observadas.⁽¹⁰⁾ Não fizemos essa análise em nosso projeto, mas até onde se saiba, não houve conhecimento por parte da equipe dos profissionais da saúde sobre a coleta de dados/monitorização da higiene das mãos. Ainda no estudo de Linam et al., cerca de 28% das observações foram realizadas em pacientes com medidas de precaução de isolamento, enquanto 53% das observações foram realizadas durante plantões diurnos e 24% nos plantões de final de semana,⁽¹⁰⁾ uma proporção de períodos noturno e de final de semana superior àquela encontrada em nosso estudo. Contudo, em sua observação, mais de 100 profissionais adequadamente treinados foram utilizados, possibilitando assim incluir dados de todos os dias, turnos e unidades.⁽¹⁰⁾ Vale lembrar que no nosso caso, eram apenas 2 observadores humanos.

Em seu estudo, Boyce et al. demonstraram uma acurácia de 60% ao comparar o observador humano a um sistema eletrônico de monitorização de higiene das mãos,⁽⁶⁶⁾ ao passo que a acurácia encontrada na fase 3 do nosso estudo foi de 81%. Em outro estudo, em que se avaliou a concordância à higiene das mãos com dispositivo eletrônico na entrada/saída do leito, com mais de 76.000 oportunidades registradas, a concordância geral foi de 67%.⁽⁶⁷⁾ É importante ressaltar que nosso estudo avaliou os “meus cinco momentos” da higiene das mãos, ao passo que grande parte da literatura utiliza o sistema de entrada/saída do leito. A distribuição aleatória de pontos na figura 18 demonstra que não há viés de identificação de oportunidades pelos dois métodos, mostrando um forte coeficiente de correlação intraclasse para o número de oportunidades.

Em ambas as fases, os momentos 1, 4 e 5 responderam por aproximadamente 80% de todas as oportunidades de higienizações, dado compatível com o encontrado na literatura.^(19,68) Um estudo alemão encontrou um percentual próximo a 39% para oportunidades de higiene das mãos somando os momentos 2 e 3, um dado bastante divergente do encontrado em nosso estudo e na média dos dados encontrados na literatura.⁽⁶⁹⁾ Contudo, na fase de validação, os momentos 2 e 3 representaram apenas 2,3%, enquanto na fase de pré-validação esses momentos representaram 6,5%. Talvez isso seja devido à COVID-19, visto que toda a fase de validação ocorreu durante a pandemia, enquanto a fase de pré-validação teve apenas alguns meses durante a pandemia. Alguns estudos tem demonstrado que a aderência à

higiene das mãos durante a pandemia foi menor comparado ao período não pandêmico, devido principalmente à sobrecarga de trabalho,⁽⁷⁰⁻⁷²⁾ embora alguns autores tenham reportado um aumento na aderência à higiene das mãos nas unidades com pacientes COVID.⁽⁷³⁾ Uma outra razão citada como contribuinte para o não aumento da aderência à higiene das mãos durante a COVID-19 é o uso intensificado de luvas durante a pandemia, em detrimento à higienização das mãos.⁽⁷⁴⁾

Com o observador eletrônico funcionando 24h/dia, o número de oportunidades observadas foi muito alto, chegando a mais de 26.000 oportunidades capturadas pela câmera infravermelha em 6 meses. No mesmo período de tempo, com 15 minutos diários de observação por um observador humano, apenas 484 oportunidades e 313 episódios de higiene das mãos foram registrados. No entanto, a aderência à higiene das mãos obtida pelo observador eletrônico 24h/dia foi inferior à obtida pelos observadores humanos: 40,3 *versus* 64,7% respectivamente. Isso se deve principalmente ao efeito Hawthorne, situação em que o comportamento dos profissionais de saúde muda quando suspeitam que estão sendo observados e realizam higiene das mãos com mais frequência.^(17,43) Isso representa uma ameaça à precisão dos estudos que usam observação direta.⁽⁴³⁾ Em seu estudo, Hagel et al. encontraram uma variabilidade total observada de eventos de higienizações de 61%, explicada pela presença ou ausência de um observador direto – o efeito Hawthorne.⁽⁶⁸⁾ Cheng et al. também utilizaram um sistema eletrônico de monitoramento à higiene das mãos e observou um aumento considerável na aderência à higiene das mãos enquanto os profissionais estavam sendo auditados (32 *versus* 89%).⁽⁷⁵⁾ Uma revisão sistemática encontrou uma taxa média de aderência global de 40%, com grande variabilidade.⁽⁷⁶⁾ Outras razões são cortinas ou portas de quarto que prejudicam a visibilidade do observador humano e falha em verificar todas as oportunidades de higiene das mãos.⁽¹⁷⁾ Nosso estudo usou crachás, sensores e câmeras infravermelhas, que por si só desencadeiam o comportamento desejável.⁽⁴³⁾ Estudos sugerem inclusive que quanto mais tempo os observadores humanos permanecem em uma unidade, maior é a adesão à higiene das mãos, e quando um observador humano é detectado, rapidamente a informação se propaga pelos demais profissionais.⁽⁷⁷⁾ Essa foi uma das razões que nos levou a fazer a observação em cerca de 15 minutos ao dia. Algumas medidas podem ser tomadas para tentar minimizar o efeito Hawthorne, como por exemplo realizar as observações através de um único observador, reduzir a duração da observação e manter a discrição nas observações.^(12,20,68,78)

Não podemos nos esquecer que a taxa de observações humanas no período noturno durante a fase de validação foi menor comparado à fase de pré-validação, e talvez isso possa ter contribuído para uma aderência maior na fase de validação, visto que durante o período noturno, a aderência à higiene das mãos tende a ser menor, como demonstrado por Sahay et al.⁽⁷⁹⁾ Fatores como turno do plantão, categoria profissional, serviço hospitalar podem afetar significativamente nos diferentes níveis de aderência à higiene das mãos.^(47,48)

Conforme ilustrado na figura 20, há uma tendência de os observadores humanos identificarem mais episódios de higiene das mãos do que o observador eletrônico, embora haja evidências de uma boa concordância entre eles.

As oportunidades são situações específicas dentro do processo de cuidado em que a higiene das mãos deve ser realizada, conforme especificado pelas indicações. Uma oportunidade existe sempre que pelo menos uma das indicações para higiene das mãos está presente e foi observada.^(55,59) Desde que a Organização Mundial da Saúde publicou as diretrizes, a definição de oportunidades de higiene das mãos tem sido focada nos chamados “meus cinco momentos” para higiene das mãos: antes do contato com o paciente, antes de procedimentos assépticos, após o risco de exposição a fluídos corporais, após o contato com o paciente e após o contato com os arredores do paciente.^(55,58) Outro método comum é monitorar entradas e saídas (método de entrada/saída). Como a maioria das instalações dos EUA tem estações de lavagem de mãos montadas na parede fora dos quartos dos pacientes devido ao código de incêndio, é significativamente mais fácil observar a conformidade de entrada/saída com as práticas de higiene das mãos comparado com o “meus cinco momentos”.⁽⁸⁰⁾ Embora pareça fácil, acreditamos que muitas oportunidades dentro de um leito de UTI podem ser perdidas. Até onde se sabe, não existe um sistema eletrônico de higiene das mãos capaz de capturar tantas oportunidades de higiene das mãos quanto um observador humano. Conforme revisão de Dawson et al. nenhuma tecnologia revisada foi adequada para avaliação dos “meus cinco momentos”, muito embora tais sistemas possam oferecer dados mais acurados para que os profissionais da saúde possam melhorar a adesão à higiene das mãos.⁽⁴⁶⁾ Os sistemas eletrônicos com dispositivos contadores de disparo não são capazes de determinar se os eventos de higienização das mãos ocorreram nos momentos apropriados ou não,⁽⁷⁵⁾ e esse é um dos principais pontos que destaca o sistema com IR. Um ensaio clínico randomizado demonstrou que o uso de um dispositivo eletrônico não melhorou a adesão à higiene das mãos, mas melhorou a qualidade do

manejo.⁽⁸¹⁾ Constatamos que é possível combinar diferentes sensores de higiene das mãos (tecnologia de identificação por radiofrequência e sensor IR) em um leito de UTI para coletar dados sobre oportunidades de higiene das mãos e, dessa forma, oferecer um percentual de aderência à higiene das mãos, utilizando um sistema eletrônico de higiene das mãos. Um sistema eletrônico com monitorização contínua é capaz de demonstrar a cadeia de risco de disseminação de infecção através de oportunidades perdidas consecutivas, quando comparado com avaliação de momentos pontuais e específicos,⁽⁶⁷⁾ além de otimizar o entendimento sobre o comportamento dos profissionais da saúde em relação à higiene das mãos e ainda enumerar as situações que levam à baixa aderência.⁽⁸²⁾

Tivemos várias limitações durante este estudo. A UTI escolhida esteve fechada durante muitos dias, em diferentes períodos, por diversas razões: reforma estrutural nos leitos, manutenção preventiva, baixa ocupação na UTI (fazendo com que algumas unidades ficassem semanas fechadas sem pacientes), dentre outros. Isso comprometeu a coleta de dados, mas havia ainda outras questões, como o desconhecimento da necessidade de uso de crachás naqueles leitos específicos (os profissionais da saúde atuam em leitos conforme uma escala pré-definida, e comumente havia um funcionário que ainda não havia exercido sua função naqueles leitos, e portanto, desconhecia a necessidade de uso do crachá), a falta de comprometimento dos profissionais da saúde (que muitas vezes não utilizavam os crachás como era esperado, apesar de saberem que naqueles leitos o uso do crachá era necessário), a necessidade de orientações frequentes a eles relacionadas ao uso do crachá, manutenção dos equipamentos (troca de bateria dos crachás, reposição de prendedores de crachá, manutenção dos sensores eletrônicos, manutenção das câmeras de IR), reposição de crachás extraviados, demora na obtenção de novos crachás (visto que o crachá tinha um chip de comunicação com os dispositivos eletrônicos, o que tornava a sua confecção algo demorada), problemas com a COVID-19, onde a transitabilidade no hospital ficou totalmente comprometida. Era muito comum encontrar os sensores desconectados da rede de alimentação, já que dentro de um leito de UTI muitos equipamentos dependem da rede de alimentação, como bombas de infusão, monitores, máquina de diálise, ventilador mecânico, aparelho de ultrassonografia, colchão térmico, compressor pneumático, e eventualmente os profissionais da saúde não encontravam alguma tomada disponível, e acabavam retirando o sensor eletrônico da tomada e acaba não reconectando depois. Situação comum também era a de interposição de algum

dispositivo na frente da câmera infravermelha, geralmente o aparelho de televisão, que se encontrava num suporte móvel. O alto custo das câmeras infravermelhas dificultou seu uso em um número maior de leitos na UTI.

Outras limitações em relação à higiene das mãos também estiveram presentes: dentro dos quartos uma bomba dispensadora de álcool gel sem o sensor eletrônico estava disponível na bancada próxima ao leito do paciente, o dispensador de álcool fora do leito (na entrada) e o sistema eletrônico tinha um algoritmo que avaliava em qual leito o profissional de saúde entrava com base no crachá eletrônico (o dispensador de álcool tinha um sensor de crachá eletrônico). Se o profissional de saúde não estivesse usando o crachá, o sistema não poderia avaliar em qual leito o profissional de saúde havia entrado. Isso também contribuiu para um dos problemas de dispositivos eletrônicos contadores de disparo, que é a dificuldade em saber se a higienização foi realizada por algum profissional da saúde ou eventualmente por algum visitante ou até mesmo o paciente – aqui no nosso estudo, somente os disparos sincronizados aos crachás de identificação foram considerados. Adicionalmente, o sistema eletrônico de higienização das mãos apresentou problemas para funcionar em quase 50% do tempo em que deveria ter funcionado 24h/dia durante a fase de validação. Os motivos para isso foram diversos: leito desocupado, problemas técnicos no *hardware* (por exemplo, substituição da placa-mãe que levou pelo menos duas semanas para ser trocada e problemas na câmera infravermelha para capturar a imagem do paciente) e *software* (por exemplo, atraso na instalação do *software* responsável por realizar a análise em tempo real). Outro ponto a mencionar é que conseguimos fazer a câmera infravermelha começar a funcionar 24h/dia apenas em setembro de 2020, visto que em julho e agosto ajustes finos foram realizados, visando um funcionamento o mais adequado possível.

A aceitação e aderência dos profissionais da saúde atuantes no ambiente da UTI é fundamental para o sucesso da validação da tecnologia, e é sabido que a percepção da equipe de profissionais da saúde acerca de novas tecnologias e/ou protocolos é bastante variável. Tarantini et al. observaram que as atitudes entre os profissionais oscilaram entre o entusiasmo e aderência à forte crítica e até mesmo atos de sabotagem. Os pontos positivos recaíram sobre o desejo de melhorar as práticas e aderência à higiene das mãos.⁽¹⁶⁾ A percepção negativa dos profissionais da saúde em relação a esses dispositivos tecnológicos devido à cultura percebida de “*Big Brother*” – uma sensação de estar sendo vigiado.⁽⁴⁶⁾ Transparência e comunicação tiveram um ponto fundamental para aceitação da tecnologia. A falta de informação inicial afetou a

aceitação aos dispositivos, principalmente sobre equívocos acerca dos efeitos na saúde e o medo de ações repressivas em relação aos profissionais. A resistência e crítica dos profissionais em relação ao sistema de monitoramento pode ser explicada por várias razões além das expostas acima, como causas estruturais e que dependem da coexistência de diferentes culturas profissionais dentro do ambiente de trabalho,⁽¹⁶⁾ necessidades do paciente percebidas como prioritárias em relação à higiene das mãos, colocação de luvas, dificuldade no acesso aos suprimentos para higienização, irritação da pele, dentre outros.^(55,64,83)

No entanto, este estudo teve vários pontos fortes. Ficou claro que o circuito de *feedback* em alça fechada com o sistema eletrônico é possível. Os sensores e câmeras infravermelhas são pequenos, discretos e silenciosos e não tiram a privacidade do paciente nem o incomodam. Este sistema não necessita de nenhuma adaptação no quarto do paciente e, uma vez validado, é de fácil instalação e calibração. O volume de dados capturados é muito superior àquele do observador humano, característica comum a diversos métodos eletrônicos de monitorização da higiene das mãos.⁽⁶⁷⁾ O monitoramento eletrônico ainda possibilita uma avaliação mais acurada e contínua sem ser afetado pelo efeito Hawthorne, além de otimizar recursos humanos.⁽⁶⁾ Além disso, o monitoramento por IR tem uma patente concedida nos EUA chamada “*A system and a method for monitoring hand sanitizing opportunities in Hospital Wards*” – Patente dos EUA número 9.679.464 B2, emitida em 13 de junho de 2017, disponível em: <https://patentimages.storage.googleapis.com/b3/a4/db/8413c20473b734/US9679464.pdf>.⁽⁸⁴⁾

Este estudo não é conclusivo, e seu escopo pode ser ampliado. Foi sugerido que a tecnologia de identificação por radiofrequência pode ser útil no monitoramento da aderência à higiene das mãos. É importante notar que essa tecnologia é cara e gera altos custos de manutenção, embora esses sistemas possam ser econômicos quando há muitas *tags* e apenas alguns receptores. Outra consideração importante é que essa tecnologia ainda não é difundida. O grande atrativo da tecnologia de identificação por radiofrequência é que os crachás não necessitam de baterias. O uso de outras tecnologias sem fio (como Wi-Fi ou ZigBee) requer o uso de crachás com baterias. No entanto, a manutenção e substituição de baterias pode ser mais fácil e barata do que a manutenção de *hardware* para tecnologia de identificação por radiofrequência. A integração dessas novas tecnologias com equipamentos médicos ou dentro de leitos de internação ainda não é difundida, provavelmente pelo custo e

dificuldade de infraestrutura necessária. Mesmo instituições com capacidade financeira para implementar sistemas eletrônicos de higiene das mãos precisam considerar uma interface com a engenharia para analisar se pode haver interferência nos equipamentos existentes ou sobrecarga das redes sem fio existentes.⁽¹⁹⁾ O uso de crachás de identificação de higiene das mãos pode ser uma barreira para o sistema eletrônico de higiene das mãos. Não temos dados para provar que os profissionais de saúde usariam os crachás o tempo todo durante o serviço. Acreditamos que os profissionais de saúde consideraram inconveniente e estão preocupados em serem monitorados durante o trabalho.⁽⁷³⁾ É importante avaliar as opiniões e comportamento da equipe de profissionais da saúde em relação a esses dispositivos, até para compreender a real aceitação da equipe perante os equipamentos e otimizar a implementação desses dispositivos no dia a dia.⁽¹⁶⁾ Sistemas de monitoramento eletrônico à higiene das mãos são promissores, cada vez mais frequentes, capazes de proporcionar uma infinidade de dados, embora ainda sejam necessários mais estudos para adequada validação.^(6,46,82,85-87)

5 CONCLUSÕES

1. O sistema eletrônico de higiene das mãos (observador eletrônico) utilizado neste estudo apresentou boa correlação com o método de observação direta (observador humano). Atingiu taxas de aderência à higiene das mãos semelhantes com boa acurácia. Comparado ao observador humano, o observador eletrônico funcionando 24 horas por dia, 7 dias por semana, também teve uma boa acurácia para detectar oportunidades de higiene das mãos. Acreditamos que este sistema de monitoramento eletrônico possa substituir a observação direta em nossa instituição;

2. É necessário um maior refinamento no algoritmo desenvolvido por meio de “*machine learning*” para que o sistema consiga identificar as oportunidades de higienização das mãos de acordo com os “meus cinco momentos” para higienização das mãos.

6 REFERÊNCIAS

1. Boyce JM, Pittet D, Committee HI, Force HS; Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee; HICPAC/SHEA/APIC/IDSA Hand Hygiene Task Force. Guideline for hand hygiene in health-care settings. Recommendations of the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee and the HIPAC/SHEA/APIC/IDSA Hand Hygiene Task Force. *Am J Infect Control*. 2002;30(8):S1–46.
2. Stone SP, Fuller C, Savage J, Cookson B, Hayward A, Cooper B, et al. Evaluation of the national Cleanyourhands campaign to reduce *Staphylococcus aureus* bacteraemia and *Clostridium difficile* infection in hospitals in England and Wales by improved hand hygiene: four year, prospective, ecological, interrupted time series study. *BMJ*. 2012;344:e3005.
3. Berardi A, Perinelli DR, Merchant HA, Bisharat L, Basheti IA, Bonacucina G, et al. Hand sanitisers amid CoViD-19: a critical review of alcohol-based products on the market and formulation approaches to respond to increasing demand. *Int J Pharm*. 2020;584:119431.
4. Lotfinejad N, Peters A, Tartari E, Fankhauser-Rodriguez C, Pires D, Pittet D. Hand hygiene in health care: 20 years of ongoing advances and perspectives. *Lancet Infect Dis*. 2021;21(8):e209–21.
5. World Health Organization. Infection prevention and control during health care when novel coronavirus (nCoV) infection is suspected. Geneva: World Health Organization; 2020 [cited 2022 Jul 19]. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/10665-331495>
6. Boyce JM. Electronic monitoring in combination with direct observation as a means to significantly improve hand hygiene compliance. *Am J Infect Control*. 2017;45(5):528–35.
7. Pittet D, Allegranzi B, Boyce J; World Health Organization World Alliance for Patient Safety First Global Patient Safety Challenge Core Group of Experts. The World Health Organization guidelines on hand hygiene in health care and their consensus recommendations. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2009;30(7):611–22.
8. Allegranzi B, Gayet-Ageron A, Damani N, Bengaly L, McLaws ML, Moro ML, et al. Global implementation of WHO's multimodal strategy for improvement of hand hygiene: a quasi-experimental study. *Lancet Infect Dis*. 2013;13(10):843–51.
9. Luangasanatip N, Hongsuwan M, Limmathurotsakul D, Lubell Y, Lee AS, Harbarth S, et al. Comparative efficacy of interventions to promote hand hygiene in hospital: systematic review and network meta-analysis. *BMJ*. 2015;351:h3728.
10. Linam WM, Honeycutt MD, Gilliam CH, Wisdom CM, Bai S, Deshpande JK. Successful development of a direct observation program to measure health care worker hand hygiene using multiple trained volunteers. *Am J Infect Control*. 2016;44(5):544–7.
11. Haas JP, Larson EL. Measurement of compliance with hand hygiene. *J Hosp Infect*. 2007;66(1):6–14.
12. Gould DJ, Creedon S, Jeanes A, Drey NS, Chudleigh J, Moralejo D. Impact of observing hand hygiene in practice and research: a methodological reconsideration. *J Hosp Infect*. 2017;95(2):169–74.
13. Marra AR, Moura DF Jr, Paes AT, dos Santos OF, Edmond MB. Measuring rates of hand hygiene adherence in the intensive care setting: a comparative study of direct observation, product usage, and electronic counting devices. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2010;31(8):796–801.
14. Kohli E, Ptak J, Smith R, Taylor E, Talbot EA, Kirkland KB. Variability in the Hawthorne effect with regard to hand hygiene performance in high- and low-performing inpatient care units. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2009;30(3):222–5.

15. Chassin MR, Loeb JM. The ongoing quality improvement journey: next stop, high reliability. *Health Aff (Millwood)*. 2011;30(4):559–68.
16. Tarantini C, Brouqui P, Wilson R, Griffiths K, Patouraux P, Peretti-Watel P. Healthcare workers' attitudes towards hand-hygiene monitoring technology. *J Hosp Infect*. 2019;102(4):413–8.
17. Purssell E, Drey N, Chudleigh J, Creedon S, Gould DJ. The Hawthorne effect on adherence to hand hygiene in patient care. *J Hosp Infect*. 2020;106(2):311–7.
18. Boyce JM, Cooper T, Dolan MJ. Evaluation of an electronic device for real-time measurement of alcohol-based hand rub use. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2009;30(11):1090–5.
19. Boyce JM. Measuring healthcare worker hand hygiene activity: current practices and emerging technologies. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2011;32(10):1016–28.
20. Boyce JM. Current issues in hand hygiene. *Am J Infect Control*. 2019;47S:A46–52.
21. Marra AR, D'Arco C, Bravim BA, Martino MD, Correa L, Silva CV, et al. Controlled trial measuring the effect of a feedback intervention on hand hygiene compliance in a step-down unit. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2008;29(8):730–5.
22. Talbot TR, Johnson JG, Fergus C, Domenico JH, Schaffner W, Daniels TL, et al. Sustained improvement in hand hygiene adherence: utilizing shared accountability and financial incentives. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2013;34(11):1129–36.
23. Reilly JS, Price L, Lang S, Robertson C, Cheater F, Skinner K, et al. A pragmatic randomized controlled trial of 6-step vs 3-step hand hygiene technique in acute hospital care in the United Kingdom. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2016;37(6):661–6.
24. Voss A, Widmer AF. No time for handwashing!? Handwashing versus alcoholic rub: can we afford 100% compliance? *Infect Control Hosp Epidemiol*. 1997;18(3):205–8.
25. Tinajero CG, Bobadilla-Del Valle M, Alvarez JA, Mosqueda JL, Ponce De Leon A, Macias AE. Vancomycin-resistant *Enterococcus faecium* sensitivity to isopropyl alcohol before and after implementing alcohol hand rubbing in a hospital. *Am J Infect Control*. 2019;47(9):e27–9.
26. Larson E, Girard R, Pessoa-Silva CL, Boyce J, Donaldson L, Pittet D. Skin reactions related to hand hygiene and selection of hand hygiene products. *Am J Infect Control*. 2006;34(10):627–35.
27. Pedersen LK, Held E, Johansen JD, Agner T. Less skin irritation from alcohol-based disinfectant than from detergent used for hand disinfection. *Br J Dermatol*. 2005;153(6):1142–6.
28. Slotosch CM, Kampf G, Löffler H. Effects of disinfectants and detergents on skin irritation. *Contact Dermat*. 2007;57(4):235–41.
29. World Health Organization. A guide to the implementation of the WHO multimodal hand hygiene improvement strategy. Geneva: World Health Organization; 2009 [cited 2022 Jul 19]. Available from: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/70030>
30. Zingg W, Holmes A, Dettenkofer M, Goetting T, Secci F, Clack L, et al.; systematic review and evidence-based guidance on organization of hospital infection control programmes (SIGHT) study group. Hospital organisation, management, and structure for prevention of health-care-associated infection: a systematic review and expert consensus. *Lancet Infect Dis*. 2015;15(2):212–24.
31. Scherer AM, Reisinger HS, Goto M, Goedken CC, Clore GS, Marra AR, et al. Testing a novel audit and feedback method for hand hygiene compliance: a multicenter quality improvement study. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2019;40(1):89–94.

32. Fuller C, Michie S, Savage J, McAteer J, Besser S, Charlett A, et al. The Feedback Intervention Trial (FIT)—improving hand-hygiene compliance in UK healthcare workers: a stepped wedge cluster randomised controlled trial. *PLoS One*. 2012;7(10):e41617.
33. World Health Organization. Guidelines on core components of infection prevention and control programmes at the national and acute health care facility level. Geneva: World Health Organization; 2016 [cited 2022 Jul 19]. Available from: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/251730>
34. Scheithauer S, Kamerseder V, Petersen P, Brokmann JC, Lopez-Gonzalez LA, Mach C, et al. Improving hand hygiene compliance in the emergency department: getting to the point. *BMC Infect Dis*. 2013;13(1):367.
35. Marra AR, Guastelli LR, de Araújo CM, dos Santos JL, Oliveira Filho MA, Silva CV, et al. Positive deviance: a program for sustained improvement in hand hygiene compliance. *Am J Infect Control*. 2011;39(1):1–5.
36. Kingston L, O'Connell NH, Dunne CP. Hand hygiene-related clinical trials reported since 2010: a systematic review. *J Hosp Infect*. 2016;92(4):309–20.
37. World Alliance for Patient Safety. WHO guidelines on hand hygiene in health care (advanced draft). Geneva: World Health Organization; 2007. Hand hygiene technique with alcohol-based formulation; p. 100.
38. Helder OK, Weggelaar AM, Waarsenburg DC, Looman CW, van Goudoever JB, Brug J, et al. Computer screen saver hand hygiene information curbs a negative trend in hand hygiene behavior. *Am J Infect Control*. 2012;40(10):951-4.
39. Jenner EA, Jones F, Fletcher BC, Miller L, Scott GM. Hand hygiene posters: motivators or mixed messages? *J Hosp Infect*. 2005;60(3):218–25.
40. Mahida N. Hand hygiene compliance: are we kidding ourselves? *J Hosp Infect*. 2016;92(4):307–8.
41. Dixon-Woods M, Perencevich EN. When counting central line infections counts. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2013;34(6):555–7.
42. McLaws ML, Kwok YL. Hand hygiene compliance rates: fact or fiction? *Am J Infect Control*. 2018;46(8):876–80.
43. Chen LF, Vander Weg MW, Hofmann DA, Reisinger HS. The Hawthorne effect in infection prevention and epidemiology. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2015;36(12):1444–50.
44. Yin J, Reisinger HS, Vander Weg M, Schweizer ML, Jesson A, Morgan DJ, et al. Establishing evidence-based criteria for directly observed hand hygiene compliance monitoring programs: a prospective, multicenter cohort study. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2014;35(9):1163–8.
45. Sedgwick P, Greenwood N. Understanding the Hawthorne effect. *BMJ*. 2015;351:h4672.
46. Dawson CH, Mackrill JB. Review of technologies available to improve hand hygiene compliance - are they fit for purpose? *J Infect Prev*. 2014;15(6):222–8.
47. Madden C, Lydon S, Walsh C, O'Dowd E, Fox S, Vellinga A, et al. What are the predictors of hand hygiene compliance in the intensive care unit? A cross-sectional observational study. *J Infect Prev*. 2021;22(6):252–8.
48. Albright J, White B, Pedersen D, Carlson P, Yost L, Littau C. Use patterns and frequency of hand hygiene in healthcare facilities: analysis of electronic surveillance data. *Am J Infect Control*. 2018;46(10):1104–9.
49. Meng M, Sorber M, Herzog A, Igel C, Kugler C. Technological innovations in infection control: a rapid review of the acceptance of behavior monitoring systems and their contribution to the improvement of hand hygiene. *Am J Infect Control*. 2019;47(4):439–47.

50. Edmisten C, Hall C, Kernizan L, Korwek K, Preston A, Rhoades E, et al. Implementing an electronic hand hygiene monitoring system: lessons learned from community hospitals. *Am J Infect Control*. 2017;45(8):860–5.
51. Kottner J, Audigé L, Brorson S, Donner A, Gajewski BJ, Hróbjartsson A, et al. Guidelines for Reporting Reliability and Agreement Studies (GRRAS) were proposed. *J Clin Epidemiol*. 2011;64(1):96–106.
52. Marra AR, Edmond MB. New technologies to monitor healthcare worker hand hygiene. *Clin Microbiol Infect*. 2014;20(1):29–33.
53. Sistema Infectrack. São Carlos: i-HealthSys®; 2018 [citado 2022 Ago 1]. Disponível em: <https://i-healthsys.com.br/sistema>
54. Marra AR, Sampaio Camargo TZ, Magnus TP, Blaya RP, Dos Santos GB, Guastelli LR, et al. The use of real-time feedback via wireless technology to improve hand hygiene compliance. *Am J Infect Control*. 2014;42(6):608–11.
55. WHO guidelines on hand hygiene in health care: first global patient safety challenge clean care is safer care. Geneva: World Health Organization; 2009 [cited 2022 Jul 19]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK144013/>
56. McAteer J, Stone S, Fuller C, Charlett A, Cookson B, Slade R, et al.; NOSEC/FIT group. Development of an observational measure of healthcare worker hand-hygiene behaviour: the hand-hygiene observation tool (HHOT). *J Hosp Infect*. 2008;68(3):222–9.
57. Hlady CS, Severson MA, Segre AM, Polgreen PM. A mobile handheld computing application for recording hand hygiene observations. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2010;31(9):975–7.
58. Sax H, Allegranzi B, Uçkay I, Larson E, Boyce J, Pittet D. ‘My five moments for hand hygiene’: a user-centred design approach to understand, train, monitor and report hand hygiene. *J Hosp Infect*. 2007;67(1):9–21.
59. Joint Commission. Measuring hand hygiene adherence: overcoming the challenges. Oakbrook Terrace: The Joint Commission; 2009 [cited 2022 Jul 19]. Available from: https://www.jointcommission.org/-/media/tjc/documents/resources/hai/hh_monograph.pdf
60. Pittet D, Hugonnet S, Harbarth S, Mourouga P, Sauvan V, Touveneau S, et al. Effectiveness of a hospital-wide programme to improve compliance with hand hygiene. *Infection Control Programme*. *Lancet*. 2000;356(9238):1307–12.
61. Bischoff WE, Reynolds TM, Sessler CN, Edmond MB, Wenzel RP. Handwashing compliance by health care workers: the impact of introducing an accessible, alcohol-based hand antiseptic. *Arch Intern Med*. 2000;160(7):1017–21.
62. Rupp ME, Fitzgerald T, Puumala S, Anderson JR, Craig R, Iwen PC, et al. Prospective, controlled, cross-over trial of alcohol-based hand gel in critical care units. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2008;29(1):8–15.
63. Knepper BC, Miller AM, Young HL. Impact of an automated hand hygiene monitoring system combined with a performance improvement intervention on hospital-acquired infections. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2020;41(8):931–7.
64. Pittet D, Mourouga P, Perneger TV. Compliance with handwashing in a teaching hospital. *Infection Control Program*. *Ann Intern Med*. 1999;130(2):126–30.
65. Ellingson K, Haas JP, Aiello AE, Kusek L, Maragakis LL, Olmsted RN, et al. Strategies to prevent healthcare-associated infections through hand hygiene. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2014;35(35 Suppl 2):S155–78.

66. Boyce JM, Cooper T, Yin J, Li FY, Arbogast JW. Challenges encountered and lessons learned during a trial of an electronic hand hygiene monitoring system. *Am J Infect Control*. 2019;47(12):1443–8.
67. Pong S, Holliday P, Fernie G. Secondary measures of hand hygiene performance in health care available with continuous electronic monitoring of individuals. *Am J Infect Control*. 2019;47(1):38–44.
68. Hagel S, Reischke J, Kesselmeier M, Winning J, Gastmeier P, Brunkhorst FM, et al. Quantifying the Hawthorne effect in hand hygiene compliance through comparing direct observation with automated hand hygiene monitoring. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2015;36(8):957–62.
69. Stahmeyer JT, Lutze B, von Lengerke T, Chaberny IF, Krauth C. Hand hygiene in intensive care units: a matter of time? *J Hosp Infect*. 2017;95(4):338–43.
70. Casaroto E, Generoso JR, Tofaneto BM, Bariani LM, Auler MA, Xavier N, et al. Hand hygiene performance in an intensive care unit before and during the COVID-19 pandemic. *Am J Infect Control*. 2022;50(5):585–7.
71. Stangerup M, Hansen MB, Hansen R, Sode LP, Hesselbo B, Kostadinov K, et al. Hand hygiene compliance of healthcare workers before and during the COVID-19 pandemic: a long-term follow-up study. *Am J Infect Control*. 2021;49(9):1118–22.
72. Cotrin P, Moura W, Gambardela-Tkacz CM, Pelloso FC, Santos LD, Carvalho MD, et al. Healthcare workers in Brazil during the COVID-19 pandemic: a cross-sectional online survey. *Inquiry*. 2020;57:46958020963711.
73. Hess OC, Armstrong-Novak JD, Doll M, Cooper K, Bailey P, Godbout E, et al. The impact of coronavirus disease 2019 (COVID-19) on provider use of electronic hand hygiene monitoring technology. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2021;42(8):1007–9.
74. Sandbøl SG, Glassou EN, Ellermann-Eriksen S, Haagerup A. Hand hygiene compliance among healthcare workers before and during the COVID-19 pandemic. *Am J Infect Control*. 2022;50(7):719–23.
75. Cheng VC, Tai JW, Ho SK, Chan JF, Hung KN, Ho PL, et al. Introduction of an electronic monitoring system for monitoring compliance with Moments 1 and 4 of the WHO “My 5 Moments for Hand Hygiene” methodology. *BMC Infect Dis*. 2011;11(1):151.
76. Erasmus V, Daha TJ, Brug H, Richardus JH, Behrendt MD, Vos MC, et al. Systematic review of studies on compliance with hand hygiene guidelines in hospital care. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2010;31(3):283–94.
77. Chen LF, Carriker C, Staheli R, Isaacs P, Elliott B, Miller BA, et al. Observing and improving hand hygiene compliance: implementation and refinement of an electronic-assisted direct-observer hand hygiene audit program. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2013;34(2):207–10.
78. Wu KS, Lee SS, Chen JK, Chen YS, Tsai HC, Chen YJ, et al. Identifying heterogeneity in the Hawthorne effect on hand hygiene observation: a cohort study of overtly and covertly observed results. *BMC Infect Dis*. 2018;18(1):369.
79. Sahay S, Panja S, Ray S, Rao BK. Diurnal variation in hand hygiene compliance in a tertiary level multidisciplinary intensive care unit. *Am J Infect Control*. 2010;38(7):535–9.
80. Chang NC, Reisinger HS, Jesson AR, Schweizer ML, Morgan DJ, Forrest GN, et al. Feasibility of monitoring compliance to the My 5 Moments and Entry/Exit hand hygiene methods in US hospitals. *Am J Infect Control*. 2016;44(8):938–40.
81. Pires D, Gayet-Ageron A, Guitart C, Robert YA, Fankhauser C, Tartari E, et al. Effect of wearing a novel electronic wearable device on hand hygiene compliance among health care workers: a stepped-wedge cluster randomized clinical trial. *JAMA Netw Open*. 2021;4(2):e2035331.

82. Iversen AM, Kavalakis CP, Hansen R, Hansen MB, Alexander R, Kostadinov K, et al. Clinical experiences with a new system for automated hand hygiene monitoring: a prospective observational study. *Am J Infect Control*. 2020;48(5):527–33.
83. Whitby M, McLaws ML, Ross MW. Why healthcare workers don't wash their hands: a behavioral explanation. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2006;27(5):484–92.
84. Marra AR, Monte JC, Prado M, Ishibe EI, Santini TR, Zanon CM, et al., inventors; Sociedade Beneficente Israelita Brasileira Hospital Albert Einstein; i-HealthSys Produtos Médicos, assignee. System and a method for monitoring hand sanitizing opportunities in hospital wards. United States patent US 9,679,464. 2017 Jun 13.
85. McCalla S, Reilly M, Thomas R, McSpedon-Rai D. An automated hand hygiene compliance system is associated with improved monitoring of hand hygiene. *Am J Infect Control*. 2017;45(5):492–7.
86. McCalla S, Reilly M, Thomas R, McSpedon-Rai D, McMahon LA, Palumbo M. An automated hand hygiene compliance system is associated with decreased rates of health care-associated infections. *Am J Infect Control*. 2018;46(12):1381–6.
87. Generoso Junior JR, Casaroto E, Serpa Neto A, Prado M, Gagliardi GM, Menezes FG, et al. Comparison of two electronic hand hygiene systems using real-time feedback via wireless technology to improve hand hygiene compliance in an intensive care unit. *Antimicrob Steward Healthc Epidemiol*. 2022;2(1):e127.

Abstract

Introduction: Hand hygiene is a major infection control prevention strategy. Direct observation is considered the gold standard method for evaluating hand hygiene compliance. **Purpose:** The aim of this study is to determine whether an electronic hand hygiene system can monitor hand hygiene compliance at similar rates like direct observation. **Methods:** This four-year study was conducted in an intensive care unit of a private tertiary care hospital in the city of São Paulo, Brazil, where electronic hand hygiene systems were installed in two rooms. Hand hygiene compliance methods were compared. Finding observed were reported using direct observation and electronic counter devices with an infrared system for detecting hand hygiene opportunities. **Results:** In the pre-validation phase, 1,001 hand hygiene observations were performed by observers, and hand hygiene compliance by the hand hygiene human observer was 56.3% (564/1,001), while the hand hygiene compliance detected by the hand hygiene electronic observer was 51.0% (515/1,010). During the validation phase, the hand hygiene human observers registered 484 hand hygiene opportunities with a hand hygiene compliance by the human observer of 64.7% (313/484) *versus* 70.6% (346/490) of hand hygiene compliance detected by the electronic system. The hand hygiene electronic system was monitored 24-hour a day/7- day a week and the measured hand hygiene compliance without the presence of the human observer was 40.3% (10,642/26,421) in both intensive care unit rooms that showed the Hawthorne effect. **Conclusions:** The electronic hand hygiene monitoring system demonstrated a good correlation compared with the direct hand hygiene observation method. We believe that electronic monitoring systems can replace direct observation given hand hygiene data avoiding the Hawthorne effect.

Keywords: Hand hygiene; Automation; Quality improvement; Observation; Intensive care units; Infection control