



Estudo de viabilidade de uso de aquecedores químicos sem chamas no preparo da ração operacional no Exército Brasileiro

Sérgio H. F. Scaff¹; Igor S. Caulyt¹; Carlos E. S. Valério¹; Helen G. C. Meneses¹; Marcelo M. Reginato¹; Daniely G. Silva¹; Aline E. Aguiar¹, Jéssica T. B. C. Fróis¹

¹ Escola Preparatória de Cadetes do Exército (EsPCEx)

Palavras-Chave: Flameless ration heater, reações exotérmicas, alimentação militar

Introdução

A Ração Operacional é um conjunto de acessórios e alimentos elaborados para prover sustento para militares durante treinamentos e missões, por períodos específicos, quando este não puder utilizar outro tipo de alimentação.

No contexto militar, a alimentação é crucial para a operacionalidade, segurança e elevado moral das tropas (BRASIL, 2020). A máxima "Alimento seguro é a garantia do emprego operacional da tropa" é o lema da Comissão de Estudos de Alimentação para as Forças Armadas (CEAFA) do Ministério da Defesa (MD), que tem se empenhado em aprimorar os padrões das rações fornecidas às tropas, visando assegurar que os militares possam contar com refeições que apenas atendam às exigências nutricionais e também contribuam para a eficiência e bem-estar dos combatentes em operações (BARROS, 2022).

Atualmente, as Forças Armadas do Brasil empregam rações com tecnologia termoprocessada, com alimentos cozidos e esterilizados armazenados em embalagens flexíveis (*pouches*), que possuem quatro camadas que protegem o alimento de micro-organismos, luz, calor e poeira. Esses alimentos não necessitam de refrigeração e possuem validade de até dois anos. Essas rações são projetadas para serem facilmente preparadas e consumidas (BRASIL, 2008).

As rações operacionais são amplamente utilizadas em instruções militares e de treinamento devido às suas diversas vantagens, pois oferecem porções individuais com as quantidades nutricionais necessárias aos combatentes (BARROS, 2022). Além disso podem ser usadas em situações de resgate ou calamidade pública.

O Exército Brasileiro possui diferentes tipos de rações, como a ração de combate (R2) para 24 horas, a ração de emergência (R3) para 12 horas e a ração de adestramento (BRASIL, 2022). Os cardápios disponíveis são variados, destacando-se o arroz, vaca atolada, feijoada e strogonoff, entre outros.

Um kit com acessórios para aquecimento tradicional, contendo um mini fogareiro metálico montável, álcool em gel combustível e uma caixa de fósforo de segurança estão contidos nessas rações. O método preconizado de aquecimento do alimento é banho-Maria. Com o auxílio de canecos militares metálicos, um calor indireto esquenta a água contida no caneco e os alimentos, respectivamente. O aquecimento da ração operacional é proporcionado pelo uso de combustíveis gelificados ou sólidos (álcool gel - Sterno; trioxano e hexamina).

Atendendo aos requisitos de não gerar sinais perceptíveis ao inimigo como fogo, fumaça, barulho ou luz, alguns países incorporam o dispositivo hidroativo aquecedor químico sem chamas (*Flameless Ration Heater - FRH*) como acessório em suas rações militares com refeições prontas para consumo (*Meal, Ready-to-Eat - MRE*). Esses aquecedores utilizam calor gerado por reações químicas exotérmicas envolvendo a água como um dos reagentes. Um exemplo de emprego é a reação química de oxidação de uma liga de magnésio contendo ferro, usada pelas Forças Armadas dos Estados Unidos da América em suas rações operacionais, conforme descrito na equação: $Mg (s) + 2 H_2O (l) \rightarrow Mg(OH)_2 (aq) + H_2 (g) + 353 \text{ kJ}$ (LAMENS DORF, 1997).

Este método permite o aquecimento dos alimentos de forma eficiente e segura, sem a necessidade de chamas ou fontes de calor visíveis, fazendo com que possam ser usadas

eficazmente em qualquer condição climática adversa, mantendo a discrição e a eficiência operativa.

A reação química no aquecedor libera energia na forma de calor, suficiente para elevar a temperatura do alimento até próximo aos 60 °C em poucos minutos, facilitando o aquecimento rápido e eficiente (LAMENSDORF, 1997).

O processo para aquecer o alimento principal da *MRE* usando aquecedores químicos é bastante simples e eficiente. O *pouch* com o alimento é colocado dentro de uma embalagem plástica contendo o reagente químico. Em seguida é adicionada água até a marca indicada na embalagem e aguarda-se alguns minutos para que a reação química se desenvolva. Em pouco tempo, o alimento estará aquecido pelo calor gerado e pronto para o consumo.

Os aquecedores químicos oferecem várias vantagens: são fáceis de usar, seguros, apresentam menor risco de manuseio e são mais rápidos que o método tradicional de aquecimento por banho-Maria. Práticos e eficazes, não produzem fogo, fumaça ou luz, minimizando a percepção pelo inimigo. Também requerem menores quantidades de água, tornando-os eficientes e discretos.

O conceito químico de aquecedores químicos sem chama é pautado na oxidação de metais ou outras espécies que reagem com água, com o intuito de gerar calor.

Destacam-se as reações químicas exotérmicas que apresentam maior viabilidade, seja pela praticidade, baixo risco de manuseio, baixo custo ou elevada liberação de calor.

O sistema de autoaquecimento das rações é um recurso valioso para militares durante instruções, exercícios em campo ou operações de sobrevivência. Leve e eficiente, é facilmente transportável na mochila e proporciona o conforto de alimentos quentes, contribuindo significativamente para o moral dos combatentes.

Material e Métodos

O sistema de aquisição de dados de temperatura consiste de uma placa Arduíno UNO combinada com sensores de temperatura DS18B20 e módulos MAX6675 com termopar tipo K.

Neste estudo, foram conduzidas quatro investigações e avaliações distintas:

1º caso – Calor do álcool gel: Avaliou-se a capacidade do álcool gel combustível 80° INPM fornecido na ração operacional em gerar calor, medida em termos de temperatura. Acondicionou-se 25 g de álcool num fogareiro metálico montável fornecido com a ração. A temperatura foi monitorada com um termopar posicionado horizontalmente à 10 cm acima da chama, diretamente em sua zona oxidante (local de máxima temperatura). A temperatura de queima do combustível foi monitorada durante o processo até o consumo total do combustível.

2º caso - Aquecimento de água em banho-Maria: Um caneco militar com dois pouches de alimentos fechados e 300 mL de água foi alocado sobre um fogareiro militar contendo 25 g de álcool gel, e o combustível foi aceso. Três termopares inseridos na água em diferentes pontos, registraram as temperaturas ao no processo por um período de 40 min, até que a temperatura da água caísse para o valor de 60 °C. Um quarto termopar foi posicionado na lateral do fogareiro monitorou a temperatura da chama.

3º caso - Aquecimento de pouches de alimentos em banho-Maria: Pouches dos alimentos arroz e vaca atolada, além de 300 mL de água foram assentados em um caneco militar posicionado sobre o fogareiro abastecido com 25 g de combustível. O combustível foi aceso. Quatro termopares monitoraram a temperatura durante o experimento por aproximadamente 40 min. Dois termopares foram inseridos nos pouches de ração (um em cada alimento), um alocado no centro do caneco entre os pouches e o quarto posicionado na lateral do fogareiro, próximo à chama.

Mediu-se a temperatura de aquecimento da água, até que a mesma caísse para o valor de 60 °C. Essa configuração permitiu uma avaliação detalhada da distribuição do calor e da eficiência do sistema de aquecimento tradicional.

4º caso - *Aquecimento de Pouches de Alimentos com Aquecedor Químico*: Avaliou-se a capacidade da reação exotérmica, medido em termos de temperatura, em aquecer os pouches dos alimentos arroz e strogonoff de frango.

Para maior eficiência da distribuição do calor, os reagentes químicos foram acondicionados em uma bolsa de TNT (Tecido Não Tecido) contendo dois compartimentos. Em cada compartimento foram alocados 8 g de alumínio metálico em folha e 10 g de NaOH. Essa bolsa foi inserida num saco de PEBD (*Polietileno de Baixa Densidade*). Os pouches dos alimentos foram acondicionados sobre a bolsa de TNT no interior do saco plástico, inclinado em um ângulo aproximado de 30° para impedir vazamento dos reagentes. Quatro termopares monitoraram as temperaturas, sendo um em cada pouch, um entre os pouches e um posicionado acima da bolsa de TNT. A adição de 200 mL de água iniciou o processo reacional. O experimento transcorreu até o resfriamento da reação em torno de 60 °C.

Resultados e Discussão

Todos os experimentos ocorreram no laboratório de química da EsPCEX e as condições de temperatura e umidade foram controladas.

No 1º caso a chama do álcool gel atingiu uma temperatura máxima de 461,5 °C, com uma temperatura média de 332,55 °C por um período de 10 minutos (Fig. 1).

Esses resultados revelam as temperaturas máximas e médias que o álcool gel pode atingir e sua eficácia na transmissão de energia térmica.

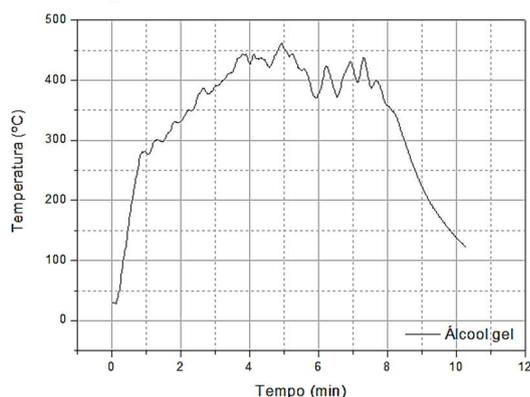


Figura 1: Monitoramento da temperatura de queima de 25 g do álcool gel no fogareiro militar.

Embora o álcool gel atinja altas temperaturas, a chama apresenta variações significativas ao longo do tempo, o que pode resultar em transmissão de calor não uniforme. De qualquer forma, as elevadas temperaturas alcançadas garantem que o álcool gel seja eficaz para suas aplicações, apesar dessas variações.

O 2º caso foi conduzido em duas etapas distintas. Primeiramente, foi avaliada a capacidade de aquecimento da água no caneco de forma isolada. Na segunda etapa, dois pouches de alimentos fechados foram adicionados à água para analisar o impacto da presença desses pouches no processo de aquecimento da água.

Medições determinaram que a temperatura média máxima da água foi de 80,0 °C, registrada próxima dos 19 minutos de aquecimento (Fig. 2).

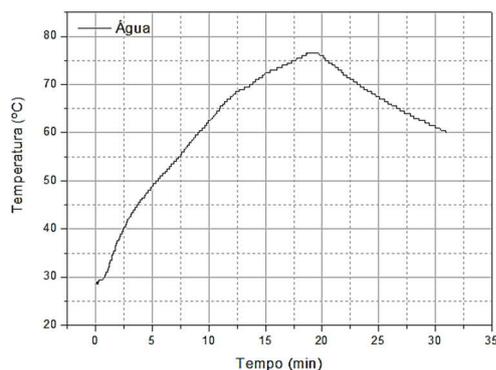


Figura 2: Comportamento da temperatura da água no aquecimento em banho-Maria.

Verifica-se que mesmo com o consumo total do combustível, a água não atinge a ebulição. Tal fato denota a baixa eficiência do sistema de aquecimento por esta metodologia.

Na segunda etapa do experimento o arranjo de monitoramento é mostrado na imagem abaixo.



Figura 3: Sistema de monitoramento da temperatura de aquecimento da água em um banho-Maria dentro de um caneco de alumínio.

Medições de temperatura da água obtidas em diferentes pontos do caneco suscitaram os dados apresentados na tabela 1.

Tabela 1: Temperaturas médias máximas do aquecimento da água em um banho-Maria.

Medida	Termopar 1 (lado esquerdo)	Termopar 2 (centro)	Termopar 3 (lado direito)	Termopar 4 (Chama)
1	84,5 °C	78,5 °C	81,0 °C	183,7 °C
2	87,0 °C	85,0 °C	86,0 °C	254,0 °C
3	74,0 °C	71,5 °C	72,5 °C	382,5 °C
Média	81,8 °C	78,3 °C	79,8 °C	273,4 °C

Observa-se uma distribuição não homogênea de temperatura no sistema de aquecimento, indicando que o aquecimento pode variar em diferentes áreas do caneco devido à distribuição desigual do calor da chama do álcool gel.

A irregularidade da queima do álcool no fogareiro é a responsável pela discrepância dos valores de temperaturas aferidos no termopar 4.

Os resultados indicam uma temperatura média máxima de aquecimento da água do caneco em torno de 80,0 °C, registrada aproximadamente aos 22 minutos de aquecimento. A temperatura média máxima lida na chama do combustível foi de aproximadamente 273 °C. A figura 4 exemplifica os resultados obtidos na medida 3.

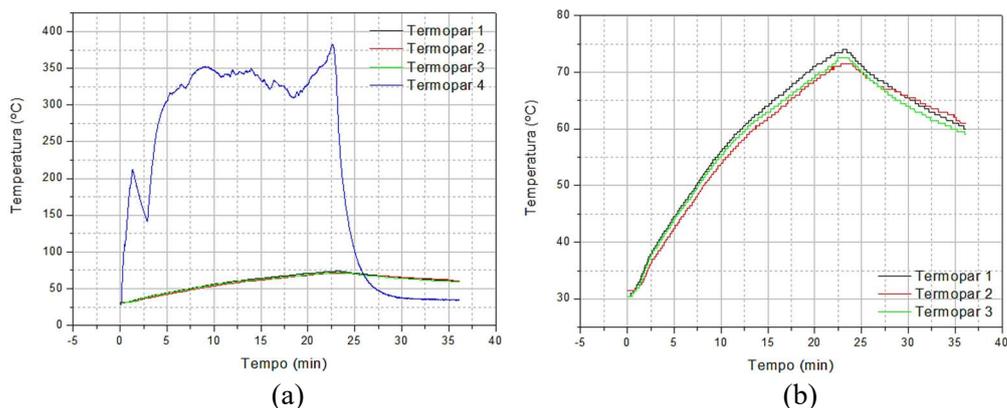


Figura 4: (a) Relação entre temperatura do álcool e temperatura da água da medida 3; (b) Rampa de aquecimento da água no experimento da medida 3.

A temperatura da água aumenta de forma consistente durante a queima do combustível, e começa a diminuir após a extinção da chama. Mesmo com o consumo total do combustível, a água não atinge o ponto de ebulição, o que indica baixa eficiência do sistema de aquecimento. Além disso, o tempo necessário para o aquecimento é excessivamente longo para aplicações militares, evidenciando a necessidade de um sistema mais eficiente.

No 3º caso experimental a montagem do sistema é o que se assemelha à ação real preconizada nas instruções para o consumo da ração operacional.

A água atingiu uma temperatura média máxima próxima de 80 °C. Em comparação, os alimentos acondicionados em pouches alcançaram temperaturas médias máximas entre 60 °C e 70 °C. Esses picos de temperatura são geralmente atingidos após cerca de 30 minutos de aquecimento. A figura 5 ilustra o monitoramento da temperatura de uma das medidas.

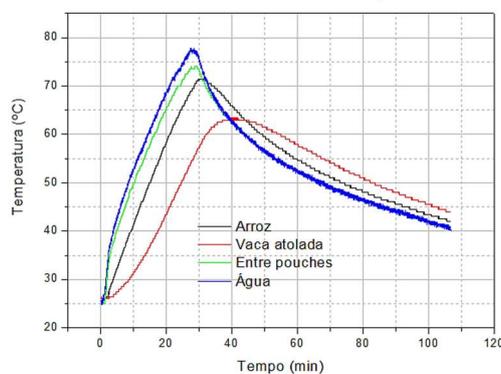


Figura 5: Monitoramento da temperatura do aquecimento de pouches de alimentos em banho-Maria.

A temperatura ideal para o consumo de alimentos quentes pode variar conforme o tipo de alimento. Testes de prova realizados com militares da EsPCEEx indicaram que a faixa ideal para garantir a palatabilidade e a agradabilidade no consumo do alimento quente está entre 50 °C e 60 °C. Temperaturas acima de 65 °C podem causar desconforto térmico e aumentar o risco de queimaduras. Manter os alimentos dentro dessa faixa ideal melhora a experiência de consumo e contribui para elevar o moral da tropa em situações reais.

O tempo é essencial em ações militares, impactando diretamente a eficiência e o sucesso das operações. Com base nos valores da tabela 2, observa-se que o tempo necessário para aquecer alimentos varia de acordo com sua consistência. Para alimentos mais secos, como o arroz, o processo de banho-Maria geralmente requer um tempo mínimo de aproximadamente 15 minutos para alcançar a faixa de temperatura ideal. Por outro lado, para alimentos com maior teor de líquido, como a vaca atolada, o tempo mínimo necessário é de cerca de 25 minutos para garantir um aquecimento uniforme e adequado.

Tabela 2: Temperaturas dos alimentos no interior do pouche.

Tempo (min)	Temperatura (°C)			
	Arroz	Vaca Atolada	Entre pouches	Água
0	26	26	25	25,5
5	32,5	27,5	40,5	43
10	41,5	31,5	50	52,75
15	50	37	58	60,75
20	58,5	43,5	65,5	68,5
25	65,5	50,5	71,5	74,5
30	71,5	57,5	73	75
35	69,5	62	66,5	67
40	66	63,5	62,5	62,75
50	59,5	61,5	56,5	57
60	55	58	52,5	52,5
70	51	54	49	49,5
80	48	51	46,5	46,25

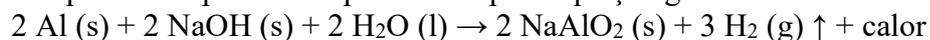
Os resultados obtidos permitem identificar que o tempo de aquecimento dos alimentos utilizando este método, pode representar uma desvantagem em situações de combate.

Em diversas situações operacionais, militares frequentemente relatam que, devido à falta de tempo, a comida não é aquecida e é consumida fria ou até mesmo não é consumida. Essa situação compromete significativamente a moral da tropa, uma vez que a alimentação aquecida é fundamental para o bem-estar e a motivação dos soldados.

O 4º caso experimental apresenta uma alternativa de aquecimento dos alimentos da razão operacional por meio de um processo químico simples e rápido.

A reação entre o alumínio metálico e o hidróxido de sódio, quando ativada pela presença de água, resulta em reações químicas altamente exotérmicas.

Nesse processo o hidróxido de sódio reage violentamente com o alumínio, com desprendimento de gás hidrogênio, formação do aluminato de sódio e intensa liberação de calor. A reação química que ocorre pode ser representada pela equação global:



Os experimentos realizados demonstraram que a reação atinge picos de temperatura em torno de 95 °C em apenas 3,7 minutos. Ademais, observa-se que a reação consegue manter a temperatura acima de 60 °C por períodos de até 30 minutos. O calor suscitado pela reação supracitada gerou o aumento de temperatura dos alimentos nos pouches (Fig.6).

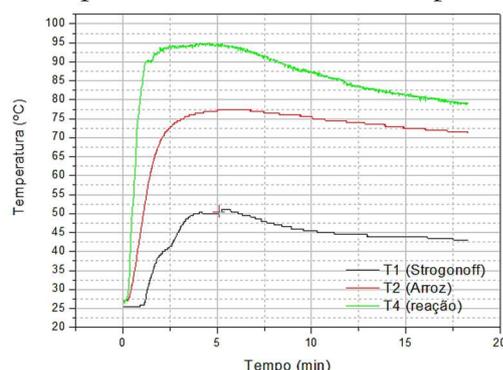


Figura 6: Monitoramento da temperatura de pouches de alimentos usando aquecedor químico.

Os resultados demonstram que o tempo necessário para alcançar uma temperatura agradável para o consumo dos alimentos (entre 50 e 60 °C) é de aproximadamente 5 minutos. Observou-se que a posição do pouch dentro do saco plástico influencia o aquecimento do alimento. O pouch em contato direto com a bolsa reacional é o que absorve mais calor, apresentando temperaturas mais altas. Esse efeito ocorre independente do tipo de alimento presente na embalagem.

A produção de gás hidrogênio inflamável é um dos principais inconvenientes desse processo, representando riscos de intoxicação e combustão durante o uso do equipamento.

Desta forma, o aquecedor químico se mostrou mais eficaz que o método de aquecimento atualmente preconizado em termos de tempo e temperatura.

Conclusões

Nas instruções de uso da ração operacional do Exército Brasileiro, prevê-se o uso de aquecimento por banho-Maria. Utilizando-se essa técnica, constatou-se que o tempo mínimo para consumo de um alimento na temperatura agradável deve ser de 15 minutos.

Os aquecedores químicos sem chamas representam uma inovação crucial para a alimentação. Por meio de reações exotérmicas para gerar calor, oferecem soluções práticas e seguras para manter os alimentos aquecidos.

O emprego do processo exotérmico avaliado oferece vantagens em comparação ao método usual de aquecimento por banho-Maria, mais demorado e que exige acesso à fonte de calor e recipientes específicos para a água.

A reação avaliada mostrou a redução significativa do tempo necessário para aquecer alimentos, permitindo que o militar consuma uma refeição quente em um terço do tempo usual. Isso não apenas melhora a operacionalidade, mas também aumenta o conforto das tropas, promovendo uma melhor performance e bem-estar.

Os resultados experimentais demonstram a vantagem do uso de aquecedores químicos em comparação com o método preconizado. A principal vantagem é a capacidade dos aquecedores químicos de aquecer significativamente os alimentos em menos de 5 minutos, em contraste com o mínimo de 15 minutos necessário para o método por banho-Maria e um consumo menor de água. Essa eficiência de tempo destaca a superioridade dos aquecedores químicos, proporcionando um aquecimento mais rápido e prático, o que os tornam uma escolha preferível em situações que exigem eficiência, segurança e discrição, como em operações militares. O uso de água como um dos reagentes ativadores destaca a simplicidade e a eficácia desse artifício.

A diversidade de processos e reações químicas exotérmicas oferece um vasto campo para investigação e observação, permitindo a exploração contínua de suas aplicações e efeitos. A continuidade desses estudos possibilita a otimização de métodos para aquecimento da ração operacional.

Agradecimentos

Projeto Pró-pesquisa 2024 da Coordenadoria de Avaliação e Desenvolvimento da Educação Superior Militar (CADESM/DECEX) e Escola Preparatória de Cadetes do Exército (EsPCEX).

Referências

BARROS, P. A. C. Z, KOGLIN, G. Ração Operacional de Combate do Exército Brasileiro: uma análise nutricional. **Saúde e Desenvolvimento Humano**, V.10, N. 2, 2022.

BRASIL, EXÉRCITO. Boletim Interno do Exército Nº 47/2008. Brasília - DF, 21 nov. 2008.

BRASIL, EXÉRCITO. Comando de Operações Terrestres. Manual de Campanha do Batalhão de Suprimento. EB 70-MC-10.359. 1ª ed., Brasília – DF, COTER 2020.



63º Congresso Brasileiro de Química
05 a 08 de novembro de 2024
Salvador - BA

BRASIL, EXÉRCITO. Diretoria de Abastecimento. Boletim Técnico – Ração operacional de Combate. 3ª ed., Brasília – DF, 2022.

BRASIL, EXÉRCITO. Diretoria de Abastecimento. Boletim Técnico – Ração operacional de Emergência, 3ª ed., Brasília – DF, 2022.

BRASIL, EXÉRCITO. Diretoria de Abastecimento. Boletim Técnico – Ração operacional de Adestramento. 3ª ed., Brasília – DF, 2022.

LAMENSDORF, M., FLAMELESS HEATER AND METHOD OF MAKING SAME. US005611329A, Patent Number 5,611,329, 18 mar. 1997.