



## **ACADEMIA MILITAR**

# **Sistemas de micro geração de energia como fonte de autossustentação dos dispositivos utilizados pelo combatente de Infantaria no moderno campo de batalha**

**Autor: Aspirante de Infantaria Bruno Alexandre Bento Morgado**

**Orientador: Engenheiro Tiago João Parra Fidalgo Ramos Marques**

**Coorientador: Major de Infantaria Luís Manuel Brás Bernardino**

**Relatório Científico Final do Trabalho de Investigação Aplicada**

**Lisboa, julho de 2013**



**ACADEMIA MILITAR**

**Sistemas de micro geração de energia como fonte de  
autossustentação dos dispositivos utilizados pelo combatente de  
Infantaria no moderno campo de batalha**

**Autor: Aspirante de Infantaria Bruno Alexandre Bento Morgado**

**Orientador: Engenheiro Tiago João Parra Fidalgo Ramos Marques**

**Coorientador: Major de Infantaria Luís Manuel Brás Bernardino**

**Relatório Científico Final do Trabalho de Investigação Aplicada**

**Lisboa, julho de 2013**

“Os sábios são os que buscam a sabedoria. Os tolos pensam tê-la encontrado”

Napoleão Bonaparte

“O descontentamento é o primeiro passo na evolução de um homem ou de uma nação”

Oscar Wilde

## **Dedicatória**

Aos meus pais e à Rita,  
pelo apoio e tempo que não lhes dediquei.

## **Agradecimentos**

Chegou a hora de agradecer a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização do presente Trabalho de Investigação Aplicada.

Ao Engenheiro Tiago Marques, por aceitar o desafio de me orientar na realização deste trabalho, pela sua disponibilidade, dedicação, apoio e pela forma como partilhou os seus elevados conhecimentos e experiência, fundamentais para alcançar o objetivo final.

Ao Major de Infantaria Luís Bernardino, por me coorientar na realização deste trabalho, por me propor este tema, me encaminhar no início do trabalho e me proporcionar os contactos necessários para a continuação da realização deste trabalho de investigação.

À empresa TEKEVER, pela possibilidade que me proporcionou de contactar com alguns dos dispositivos tecnológicos em estudo, bem como a cedência de vários documentos e estudos, sem os quais não teria sido possível realizar parte significativa deste trabalho.

À empresa ALMADESIGN e ao INEGI, pela possibilidade que me proporcionaram de aceder aos documentos que produziram para o projeto MEP e a consulta dos mesmos, bem como a utilização de algumas imagens desses documentos.

À Escola Prática de Infantaria e ao Tirocínio para Oficiais de Infantaria, pelos valores inculcados.

Ao 2º Comandante da Escola Prática de Infantaria, Tenente-Coronel de Infantaria Rui Manuel Mendes Dias, pela sua disponibilidade e pelo contributo com a partilha da sua experiência nos assuntos tratados na introdução do presente trabalho.

Aos meus pais, pelo apoio, ajuda, força e compreensão que me deram ao longo destes anos.

À Rita Damásio pelo apoio, compreensão e amizade ao longo destes tempos.

Ao Curso de Infantaria 2008/2013 por todos os momentos que passámos juntos, bons e maus, todos eles ficaram marcados e guardados.

A todos, um grande agradecimento.

## Resumo

O presente Trabalho de Investigação Aplicada tem por tema “Sistemas de micro geração de energia como fonte de autossustentação dos dispositivos utilizados pelo combatente de Infantaria no moderno campo de batalha”. Como objetivo geral pretende-se analisar as potencialidades que advêm da utilização de sistemas de micro geração de energia portáteis para que o combatente possa gerar a sua própria energia e ganhar maior autonomia no moderno campo de batalha.

No que refere ao método de investigação científica foi utilizado o método indutivo-dedutivo, método em que se assume inicialmente um postulado sólido de conceitos e que através do levantamento de questões estruturantes, orientadoras e de hipóteses semi-orientadas, se procura chegar a factos científicos que pretendemos correlacionar e demonstrar. Após definida a questão central, assumiu-se inicialmente um conjunto de conceitos e que através do levantamento de questões e de hipóteses interrelacionadas se procurou dar-lhe resposta. Deste modo, o trabalho assenta em pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, entrevistas exploratórias e trabalho de campo nas empresas do Projeto Módulos de Energia Portátil.

Com a realização deste trabalho concluiu-se que a utilização de sistemas de micro geração de energia é efetivamente benéfica para o combatente e conseqüentemente para o cumprimento da missão. No entanto, existem questões técnicas relacionadas com as necessidades dos dispositivos, a serem sustentados energeticamente pelos sistemas de geração de energia e com as capacidades dos mesmos sistemas, requerendo um levantamento pormenorizado destas questões para que o resultado final corresponda efetivamente ao pretendido e não coloque em causa a operacionalidade do combatente.

Qualquer que seja o dispositivo ou conjunto de dispositivos a serem utilizados num projeto de modernização do combatente implica custos de pesquisa, produção e implementação, o que poderá levar a uma aceitação baixa deste tipo de soluções. No entanto, e fruto da investigação realizada e vertido no trabalho, está patente que estes sistemas são o futuro, sendo já em alguns países uma realidade, prevendo-se que a sua implementação acontecerá.

**Palavras-chave:** Soldado de Infantaria, Micro geração, Gestão, Energia, Projeto Módulos de Energia Portátil

## Abstract

The present Applied Research Work is themed "Energy micro generation systems as a source of self sustaining for the devices used by the Infantry warfighter in the modern battlefield." Its general objective aims to analyze the potential arising from the use of portable micro power generation so that the fighter can generate his own power and gain greater autonomy in the modern battlefield.

The method used was inductive-deductive, method that assumes an initial postulate of solid concepts and through structural questions, guiding and semi-oriented hypotheses is tried to achieve the scientific facts that are intended to be correlated and demonstrated. Once defined the central issue, it was initially assumed a set of concepts and by raising interrelated questions and hypotheses have sought to answer to it. Thus, the work is based on a literature review, exploratory interviews, documentary research and fieldwork in the Portable Power Modules project companies.

With this work it was concluded that the use of micro power generation is actually beneficial to the warfighter and consequently for mission accomplishment. However, there are technical issues related to the needs of devices to be supported by the energy power generation systems, and the capabilities of these systems, requiring a detailed survey of these issues so the end results would be effectively as intended and not put into question the operability of the warfighter.

Whatever the device or set of devices to be used in a project to modernize the warfighter implies research, production and implementation costs, which can lead to low acceptance of such solutions. However, the result of the investigation and written at this work is evident that these systems are the future, being in some countries already a reality, it is expected that its implementation will take place.

**Key words:** Infantry soldier, Micro generation, Management, Energy, Portable  
Energy Modules Project

---

---

## Índice Geral

Dedicatória .....	ii
Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	iv
Abstract .....	v
Índice Geral .....	viii
Índice de Figuras .....	ix
Índice de Tabelas.....	x
Lista de Anexos.....	xi
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos .....	xii
<b>Capítulo 1 - Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1. Enquadramento / Contextualização da Investigação .....	1
1.2. Justificação do Tema .....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Problema de Investigação e Questões Derivadas .....	3
1.4. Hipóteses .....	4
1.5. Metodologia.....	4
1.6. Estrutura do Trabalho .....	5
<b>Capítulo 2 - Projetos de Modernização do Combatente .....</b>	<b>6</b>
Nota Introdutória.....	6
2.1. Project Team 21 <sup>st</sup> Century Soldier System.....	6
2.2. Future Combat System .....	9
2.3. Fantassin à Équipement et Liaisons Intégrés.....	11

---

---

2.4. Integrated Soldier System Project .....	13
2.5. Future Integrated Soldier Technology .....	14
2.6. Prokrocily Individualny Bojovy System .....	17
2.7. Soldier Modernisation Programme.....	18
Conclusão .....	19
<b>Capítulo 3 - Soluções Energéticas.....</b>	<b>22</b>
Nota introdutória .....	22
3.1. Sistemas de Geração de Energia.....	22
3.1.1. Micro Geração .....	22
Micro Turbinas .....	23
Micro Motores.....	24
Células de Combustível.....	26
3.1.2. <i>Harvesting</i> .....	27
Cristais <i>piezo</i> -elétricos .....	28
Painéis Solares.....	30
3.2. Armazenamento de energia .....	32
3.2.1. Flywheel .....	32
3.2.2. Baterias .....	33
3.3. Gestão de Energia.....	37
<b>Capítulo 4 - O Projeto MEP.....</b>	<b>39</b>
Nota introdutória .....	39
4.1. MEP (Módulos de Energia Portátil) .....	40
<b>Capítulo 5 - Conclusões e Recomendações .....</b>	<b>46</b>
Nota Introdutória .....	46
5.1. Verificação das Hipóteses de Investigação .....	47

---

---

---

---

5.2. Resposta às Questões Derivadas .....	48
5.3. Resposta à Questão Central .....	50
5.4. Limitações à Investigação .....	50
5.5. Propostas e Recomendações .....	51
5.6. Investigações Futuras .....	52
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>53</b>
<b>Anexo A: Gestor de energia WAC e previsão de sucessor (WAC 2).....</b>	<b>A-1</b>
<b>Anexo B: Micro gerador MEP .....</b>	<b>B-1</b>
<b>Anexo C: Testes balísticos .....</b>	<b>C-1</b>
<b>Anexo D: Testes de transporte dos <i>mock ups</i>.....</b>	<b>D-1</b>
<b>Anexo E: Treinos em áreas edificadas.....</b>	<b>E-1</b>
<b>Anexo F: Opções de transporte do WAC sugeridas e escolha efetuada.....</b>	<b>F-1</b>

## Índice de Figuras

Figura 1 (Previsão de equipamentos do Project Team 21 <sup>st</sup> C. S. S.).....	8
Figura 2 (Micro Turbina) .....	24
Figura 3 (Micro motor) .....	25
Figura 4 (Célula de Combustível) .....	27
Figura 5 (Dispositivo de cristais piezo-elétricos para bota).....	28
Figura 6 (Piezo-elétrico para uso civil) .....	30
Figura 7 (Painel solar desdobrável).....	31
Figura 8 (bateria LSH 20) .....	35
Figura 9 (bateria Keeper PT-2300) .....	35
Figura 10 (bateria PS 48B).....	36
Figura 11 (bateria VL 34570.....	36
Figura 12 (Esquema conceptual Triple Hélix) .....	40
Figura 13 (Logotipo dos intervenientes no projeto MEP).....	41

## Índice de Tabelas

Tabela 1 (Resumo da previsão de capacidades dos projetos analisados).....	21
Tabela 2 (Produção energética fornecida pelo dispositivo apresentado na Fig. 5) ..	29
Tabela 3 (Consumos de dispositivos de baixo consumo usados diariamente).....	29

## Lista de Anexos

Anexo A: Gestor de energia WAC e previsão de sucessor (WAC 2) .....	A-1
Anexo B: Micro gerador MEP .....	B-1
Anexo C: Testes balísticos .....	C-1
Anexo D: Testes de transporte dos <i>mock ups</i> .....	D-1
Anexo E: Treinos em áreas edificadas .....	E-1
Anexo F: Opções de transporte do WAC sugeridas e escolha efetuada .....	F-1

## **Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos**

- AHEAD – Advanced HELmet And Devices for individual protection
- C2 – Comando e Controlo
- C4I – Comando, Controlo, Comunicações, Computadores e Informações
- C4ISR – Comando, Controlo, Comunicações, Computadores, Informações,  
Vigilância e Reconhecimento
- CEDS – Combat Equipment Dismounted Soldier System
- EDA – European Defence Agency
- EPIDARM – European Protective Individual Defence ARMour
- FCS – Future Combat System
- FELIN – Fantassin à Équipement et Liaisons Intégrés
- FIST – Future Integrated Soldier Technology
- GPS – Global Positioning System
- ISSP – Integrated Soldier System Project
- JIP-FP – Joint Investment Programme - Force Protection
- MEP – Módulos de Energia Portáteis
- MUSAS – MUlti Sensor Anti Sniper system
- OTAN – Organização do Tratado do Atlântico Norte
- PIBS – Prokrocily Individualny Bojovy System (Advanced Individual Combat  
System)
- SMP – Soldier Modernisation Programme
- TO – Teatro de Operações
- UE – União Europeia
- WAC – Wireless Advanced Communications
- STANAG – Standardization Agreement
- NEP – Normas de Execução Permanente
- APA – American Psychological Association
- INEGI – Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial
- EUA – Estados Unidos da América
- UHF – Ultra High Frequency
- VHF – Very High Frequency

CERDEC – Communications, Electronics Research, Development and Engineering  
Center

EPI – Escola Prática de Infantaria

LCSS – Land Command Support System

IPCET – Integrated Protective Clothing and Equipment Technology

SARP II – Small Arms Replacement Project II

FCU – Future Combat Uniform

AN/PVS 14 – Army/Navy Portable Visual Search 14

DCC – Dismounted Close Combat

LOSA – Land Open System Architecture

STA – Surveillance Target Acquisition

CBM – Combat and Battlefield Management

C4 – Comando, Controlo, Comunicações e Computadores

IED – Improvised Explosive Device

PEM – Polymer Electrolyte Membrane

Idz – Infanterist der Zukunft

DACC – Danish Army Comabt Center

UAV – Unmanned Aerial Vehicle

RPM – Rotações Por Minuto

QREN – Quadro de Referência Estratégico Nacional

CFTCAE – Centro de Formação e Treino de Combate em Áreas Edificadas

°C – Graus Centígrados

AM – Academia Militar

MDN – Ministério da Defesa

# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1. Enquadramento / Contextualização da Investigação

O presente trabalho enquadra-se na atual temática do “Soldado do Futuro” que, segundo o Tenente-Coronel de Infantaria Mendes Dias<sup>1</sup>, é, do ponto de vista da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN), um conjunto de capacidades (Comando, Controlo, Comunicações, Computadores, Informações, Vigilância e Reconhecimento (C4ISR), Letalidade, Sobrevivência, Mobilidade e Sustentabilidade) relativas ao projeto “Dismounted Soldier Systems” a fim de dar resposta aos requisitos operacionais levantados, por forma a alcançar os STANAG<sup>2</sup>s que permitam a interoperabilidade entre países que os ratifiquem. Do ponto de vista da UE, é também um conjunto de capacidades (Proteção, Sobrevivência, C4I, Letalidade, Mobilidade e Sustentabilidade) que os sistemas devem ser capazes de fornecer, neste caso no subprojeto “Combat Equipment Dismounted Soldier System” (CEDS) inserido no projeto “Team 21<sup>st</sup> Century Soldier System”. Neste último, cada país europeu membro (sendo 9 os membros do projeto e Portugal um deles) apoia com 350.000€ a 3 anos para estudos e desenvolvimento. No final, o objetivo principal a alcançar é o desenvolvimento em cada país da sua indústria de defesa de base tecnológica. Ambos os projetos estão agendados para dar resposta às necessidades operacionais encontradas até 2030. (Dias, 2013) (European Agency of Defence, 2012)

Este tema está diretamente relacionado com a evolução tecnológica do combatente, evolução esta que implica necessariamente, como poderá ser visto ao longo do trabalho, a crescente modernização e quantidade de dispositivos transportados e utilizados pelo combatente. Mas, toda esta tecnologia necessita de energia elétrica para ser operada,

---

<sup>1</sup> O Tenente-Coronel de Infantaria Mendes Dias é atualmente o 2º Comandante da Escola Prática de Infantaria (EPI) e participou, como delegado nacional, nos programas CEDS e Working Group NATO no período compreendido entre 2008 e 2009.

<sup>2</sup> STANAG – Standardization Agreement

podendo ser fornecida pelas mais diversas fontes e recorrendo a tecnologias inovadoras que importa conhecer.

O “moderno campo de batalha” segundo a OTAN sofreu diversas alterações nos últimos 10 anos, sendo que as mais críticas para a sua caracterização são a globalização de ameaças assimétricas à segurança das nações da aliança; o aumento da necessidade de realização de operações expedicionárias multinacionais fora das áreas tradicionais de responsabilidade da OTAN; maior integração das capacidades de serviços únicos nas forças totalmente conjuntas; aumento no interesse da interoperabilidade multinacional e estruturas de forças integradas; necessidade de superioridade informacional, flexibilidade e rápida projeção de forças; aumento da preocupação com a proteção e oposição contra armas de destruição em massa; necessidade de melhoria das redes de sistemas de comando e controlo militar com as redes civis e multinacionais. (European Agency of Defence, 2012, p. B2)

Estas alterações têm um impacto direto na missão do soldado de Infantaria e consequentemente no equipamento e na necessidade de energia, requerendo soluções tecnologicamente adequadas, para a gerar e conferir-lhe maior autonomia no cumprimento das missões.

## **1.2. Justificação do Tema**

Hoje vivemos num período em que a temática do “Soldado do Futuro” não passa despercebida nos exércitos, principalmente nos exércitos mais numerosos, mais bem equipados e com maior empenhamento operacional, como por exemplo, o caso dos exércitos americano, francês, canadiano, inglês, eslovaco e dinamarquês, com projetos, respetivamente, como o FCS, o FELIN, o ISSP, o FIST, o PIBS e o SMP, e noutros exércitos onde têm sido desenvolvidos estudos e projetos relativamente a este tema, não só no que toca à geração de energia, bem como outras vertentes como a proteção, a ergonomia, a sobrevivência, por exemplo, que não serão objeto de estudo neste trabalho. Existe ainda o projeto de modernização do soldado a nível europeu, “Project Team 21<sup>st</sup> Century Soldier System”, desenvolvido pela Agência de Defesa Europeia e que é fonte de enquadramento para os diversos projetos dos países europeus, como os referidos anteriormente e que importa analisar no âmbito deste trabalho.

No entanto, a questão da geração/armazenamento/distribuição de energia será, provavelmente, uma das vertentes com maior importância, uma vez que ao longo dos tempos temos vindo a assistir a um aumento significativo das necessidades energéticas do combatente apeado. Muitas vezes, mais do que as próprias armas e munições, a energia é fundamental para o cumprimento da missão, porque sem capacidade para alimentar todos os sistemas óticos, Sistemas de Posicionamento Global (GPS), rádios e sistemas de comunicação, bem como outros dispositivos disponibilizados ao combatente que na ausência do seu uso por falta de energia põem em causa a missão.

### **1.3. Objetivos**

Este trabalho tem por objetivo analisar as potencialidades que advêm da utilização de sistemas de micro geração de energia portáteis para que o combatente possa gerar a sua própria energia e ganhar maior autonomia no moderno campo de batalha.

Desta forma, pretende-se identificar mais especificamente quais as mais-valias adquiridas pelo uso deste tipo de tecnologia no moderno campo de batalha para o soldado de Infantaria.

#### **1.3.1. Problema de Investigação e Questões Derivadas**

Com este trabalho pretende-se determinar “Que mais-valias permitem a utilização de sistemas de micro geradores de energia portáteis que o combatente poderá utilizar no moderno campo de batalha?”, sendo esta a Questão Central do mesmo. A partir da qual derivam outras questões pertinentes, nomeadamente:

QD1: “Que dispositivos poderão ser recarregados? Que sistemas existem em estudo que possibilitem esse carregamento?”;

QD2: “Qual a possibilidade de alimentação em tempo real?”;

QD3: “Que mais-valias traz para o combatente a introdução deste sistema?”;

QD4: “Qual o benefício custo-eficácia da introdução deste sistema no Exército Português?”.

## 1.4. Hipóteses

Perante as quatro questões definidas, formularam-se em igual número as hipóteses seguintes:

H1: “Qualquer dispositivo poderá ser recarregado, desde que lhe seja adaptado um dos sistemas estudados para esse fim”;

H2: “Existem dispositivos que podem ser utilizados enquanto são alimentados diretamente”;

H3: “A energia gerada terá capacidade para recarregar os principais dispositivos que fazem parte, organicamente, do equipamento do combatente”;

H4: “A introdução destes dispositivos permite mais-valias significativas ao nível da autonomia, dependência, proficiência e capacidades logísticas do combatente no moderno campo de batalha”.

## 1.5. Metodologia

A realização do presente trabalho foi feita de acordo com o Método Indutivo-Dedutivo, método em que se assume inicialmente um postulado sólido de conceitos e que através do levantamento de questões estruturantes, orientadoras e de hipóteses semi-orientadas, se procura chegar a factos científicos que pretendemos correlacionar e demonstrar. (Quivy & Campenhoudt, 2008, pp. 144,145)

Para a redação do trabalho foi seguido o disposto no Anexo F da NEP<sup>3</sup> 520 de 30 de junho de 2011, da Academia Militar e nos aspetos em que esta apresenta omissões, seguiu-se a norma APA<sup>4</sup> na 6ª Edição.

Como forma de dar resposta às questões colocadas e confirmar ou refutar as hipóteses, o trabalho assentou inicialmente numa pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e no acompanhamento pessoal na evolução do Projeto MEP (2012/2013) onde foi possível interagir e participar nas reuniões de trabalho, testes laboratoriais e de campo e realizar entrevistas aos principais intervenientes no processo de investigação.

---

<sup>3</sup> NEP – Norma de Execução Permanente

<sup>4</sup> APA – American Psychological Association

Foi utilizado o Método de Observação Direta/Participativa no trabalho de campo aquando do acompanhamento do Projeto MEP em visitas à empresa TEKEVER, contactando-se diretamente com os equipamentos, que foram mostrados e explicados por parte dos intervenientes no desenvolvimento dos mesmos.

## **1.6. Estrutura do Trabalho**

O trabalho é constituído por cinco capítulos. O Capítulo 1 – Introdução, no qual é apresentado o trabalho, a sua justificação, objetivos a alcançar, as hipóteses levantadas e a metodologia utilizada na realização do mesmo. Seguem-se os Capítulos 2, Projetos de Modernização do Combatente, onde é feita a revisão de literatura relativa a alguns dos diferentes projetos em estudo por diversos países no contexto do “soldado do futuro” onde, em cada um dos diferentes projetos, são apresentados vários equipamentos com necessidades energéticas, e o Capítulo 3, Soluções Energéticas, relativamente às diferentes e diversas soluções tecnológicas existentes e em estudo que visam alimentar e capacitar os sistemas eletrónicos utilizados e em desenvolvimento para os mais diferentes projetos de modernização do combatente.

No Capítulo 4 é analisado o Projeto MEP, projeto este em desenvolvimento por empresas nacionais, TEKEVER e ALMADESIGN, em parceria com o Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial (INEGI), e com o Exército Português, que tem como objetivo, à semelhança dos projetos apresentados no Capítulo 2, modernizar o soldado e dotá-lo de maiores capacidades a nível da sua autossustentação.

No Capítulo 5 serão apresentadas as conclusões e recomendações, que serão o culminar da análise e investigação efetuada ao longo do trabalho relativo aos diversos projetos, soluções energéticas e o MEP.

Por fim, será apresentada a bibliografia utilizada na elaboração do presente trabalho.

## Capítulo 2

### Projetos de Modernização do Combatente

#### Nota Introdutória

Ao longo deste capítulo são analisados alguns dos projetos a decorrer nalguns países da Europa e também nos EUA e Canadá. Serão apenas referidos estes projetos a título de exemplo uma vez que o trabalho não pretende analisar a temática do “soldado do futuro” mas sim as necessidades inerentes ao nível de gestão e produção energética, para serem então apresentadas *à posteriori* as diversas soluções e possibilidades que permitem alimentar estes sistemas e conferir a autossustentabilidade necessária ao combatente apeado no moderno campo de batalha.

Todos os projetos apresentados, bem como todos os projetos relacionados com o soldado do futuro, não mencionados, apontam aparentemente para um aumento das necessidades energéticas uma vez que os aparelhos eletrónicos proliferam no seu seio.

#### 2.1. Project Team 21<sup>st</sup> Century Soldier System

Este projeto, a cargo da Agência de Defesa Europeia, tem por objetivo criar uma plataforma de troca de informação entre os diversos países europeus a nível dos seus projetos nacionais de modernização do soldado, permitindo coordenar e sincronizar as atividades que contribuem para esse objetivo, para desta forma, melhorar os projetos mas também reduzir custos. Quando foi iniciado, o projeto contou com sete países membros da UE, sendo um deles Portugal. (SoldierMod, 2009a, p. 22)

Dentro deste projeto com uma orientação mais específica nestes termos de modernização, enquadramento e cooperação entre países existe o projeto CEDS que pretende através dessa cooperação e contributo dos vários países refinarem os seus projetos nacionais mas também garantir a interoperabilidade entre estes a nível europeu, assim

como o programa JIP-FP para a proteção da força, o EPIDARM para proteção química e balística ou o MUSAS, o AHEAD para uma componente sensorial a fim de permitir uma noção da situação mais precisa, entre outros para as mais diversas necessidades e objetivos. É relevante mencionar o projeto AHEAD, uma vez que foi neste que Portugal se tornou num dos membros fundador destes projetos através da participação e colaboração da empresa TEKEVER com o rádio WAC, rádio este que para além das comunicações já permitia alguma gestão da energia dos dispositivos ligados a este, tendo sido aproveitado mais tarde para o desenvolvimento do MEP. (SoldierMod, 2009a, p. 22; SoldierMod, 2011, p. 19; Marques, Projeto MEP, 2013a)

O projeto CEDS tem também em atenção os padrões e as investigações em desenvolvimento a nível da OTAN, existindo uma coordenação próxima entre ambos. Com este projeto são definidas as capacidades requeridas e os módulos comuns para os restantes projetos. Muitos dos países membros da UE alteraram as agendas dos seus projetos nacionais a fim de poderem coincidir com a agenda de trabalhos da Agência, retirando daí benefícios a nível de conhecimento e investigação, aproveitando o trabalho que é desenvolvido nesta. (SoldierMod, 2009a, p. 22; SoldierMod, 2011, p. 19)

Em conjunto foi desenvolvido um plano a que se chamou “Research and Technology”, com o intuito de encontrar soluções e equipar os combatentes com, por exemplo, equipamentos de proteção melhorados, sistemas *wireless*<sup>5</sup> para operações urbanas e sensores de deteção *sniper*<sup>6</sup>, sendo criadas plataformas e conhecimentos nas áreas, posteriormente os estados membros podem melhorar e preencher as falhas conforme as suas necessidades. (SoldierMod, 2009a, p. 22)

O projeto prevê contemplar um equipamento interoperável pelos vários países, a equipar no combatente com o intuito de o recuperar em locais isolados do teatro de operações (TO), assim como a incorporação de um sistema (também este interoperável) de identificação do combatente com vista a diminuir e minimizar o fratricídio. (Ibidem)

Uma das tecnologias que está a ser estudada é a dos sistemas não tripulados, tanto aéreos como terrestres, estes últimos em várias áreas, como reconhecimento, logística, plataforma de sensores, entre outras. (SoldierMod, 2011, p. 20)

No que concerne à questão da energia, nomeadamente na sua produção e armazenamento, é também uma das preocupações deste projeto, uma vez que é necessário

---

<sup>5</sup> Wireless – Transmissão de energia ou dados sem a utilização de fios ou cabos

<sup>6</sup> Sniper – É um atirador especial altamente treinado, com capacidades de tiro a maiores distâncias, camuflagem, infiltração, observação e reconhecimento. Atua isolado no terreno, relativamente à sua unidade.

alimentar todos os sistemas transportados pelo combatente apeado. Neste sentido, foram iniciados estudos relativamente a células de combustível, geração de energia elétrica, recolha de energia e armazenamento. (SoldierMod, 2009a, p. 22)

A previsão do Project Team 21<sup>st</sup> Century Soldier System, relativamente aos equipamentos a serem utilizados/transportados pelo combatente está ilustrada na Figura 1 (Previsão de equipamentos do Project Team 21<sup>st</sup> Century Soldier System). (Ibidem)



Figura 1 (Previsão de equipamentos do Project Team 21<sup>st</sup> C. S. S.)

Fonte: (SoldierMod, 2009a, p. 23)

Na imagem são apresentados os equipamentos considerados fundamentais, como supressores de ruído, um rádio UHF<sup>7</sup>, um computador base, um conjunto de baterias e um sistema de navegação. São também apresentados equipamentos de apoio como os de reconhecimento, uma mira térmica e um projétil de reconhecimento; acessórios para a arma, visor de vídeo e visor térmico; um sistema para o capacete com uma bússola digital,

<sup>7</sup> UHF – Ultra High Frequency

proteção balística e um visor com visão noturna; um sistema específico para o comandante constituído por um rádio VHF<sup>8</sup> e um computador portátil de controlo;

## 2.2. Future Combat System

O projeto FCS, dos EUA, que se iniciou em 2003 (que foi sofrendo alguns atrasos e cortes devido a questões financeiras) visa a modernização de todo o exército americano. No entanto, pretendem, numa primeira fase, equipar totalmente 15 brigadas, que serão conhecidas como as Brigadas FCS, mais rápidas e leves que as atuais brigadas do exército americano empenhadas nos TO's. O projeto contempla quatro grandes grupos principais, sendo estes os veículos terrestres tripulados, os sistemas não tripulados, a rede FCS e o soldado. Cada um destes grandes grupos subdivide-se depois em grupos mais pequenos e mais específicos. Através deste sistema pretende-se a integração de diversos meios, nomeadamente, sistemas de combate e sustentação interligados em rede, veículos terrestres e aéreos não tripulados, sensores e munições, juntamente com os sistemas de comunicação que são uma das componentes principais. (Kaeser, Cordesman, & Burke, 2009, pp. 1,2,15,20; Future Combat Systems, 2013)

Dentro destes conjuntos de equipamentos existem diversos tipos de equipamento que não se pretendem tratar neste trabalho, como os carros de combate, por exemplo, uma vez que se desviam do objetivo deste. No entanto, é de salientar que devido à enorme quantidade de energia necessária para alimentar todos os sistemas elétricos que preveem usar pretendem que os veículos terrestres tripulados produzam dez vezes mais energia do que o atual M1 Abrams<sup>9</sup>. Aqui encontra-se patente a necessidade de energia que todos estes dispositivos futuros necessitam para serem alimentados. (Kaeser, Cordesman, & Burke, 2009, p. 15; SoldierMod, 2011, p. 8)

Têm sido efetuados vários estudos por um dos departamentos do exército americano, CERDEC<sup>10</sup>, quanto à questão da energia, durante o qual chegaram à conclusão de que além da quantidade necessária de energia ser cada vez maior e começar a deixar de ser viável os soldados transportarem consigo várias baterias de vários tipos, estas ainda estão a ser subaproveitadas, chegando a serem descartadas 50% ainda com 50% de energia.

---

<sup>8</sup> VHF – Very High Frequency

<sup>9</sup> M1 Abrams – Principal carro de combate americano desde 1980 substituindo o M47 Patton, com 3 versões até ao momento, M1, M1A1 e M1A2

<sup>10</sup> CERDEC – Communications-Electronics Research, Development, and Engineering Center

A investigação tem como objetivo encontrar novas fontes de energia mas também melhorar a eficácia das baterias. (SoldierMod, 2011, p. 8)

Os testes no terreno, realizados em novembro de 2011, foram abertos, a nível de participação, às empresas, disponibilizando os seus materiais e as suas soluções e os soldados treinavam e testavam em ambiente operacional os diversos equipamentos, fornecendo diretamente às empresas a sua opinião relativamente do que gostavam ou não e o que consideravam necessitar de melhorias. Desta forma as empresas tinham uma noção concreta do que realmente deviam produzir para concorrerem com as melhores soluções energéticas. É de salientar que, e extrapolando esta atuação para outro projeto semelhante, foi feito em Portugal através dos testes efetuados pela EPI no projeto MEP, que será tratado mais à frente. (Bernardino, 2013; Kaeser, Cordesman, & Burke, 2009, p. 19)

Uma vez que estas tecnologias ainda não estão finalizadas (como é de prever) e as operações decorrem, nomeadamente no TO do Afeganistão, as primeiras alterações às baterias e fontes de energia em uso foram na forma de transporte e ergonomia e não na sua capacidade energética. (SoldierMod, 2011, p. 8)

A outra forma idealizada para diminuir os custos de energia é reduzir a quantidade de dispositivos físicos e aumentar o *software*, ou seja, usar menos dispositivos físicos mas com softwares que permitam interligar e realizar diversas funções, em vez de ter um dispositivo para cada função. (Kaeser, Cordesman, & Burke, 2009, pp. 8,31; SoldierMod, 2011, p. 9)

O exército estimou que entre 2003 e 2006 houve um aumento dos custos do projeto FCS de \$91.4 biliões para \$160.9 biliões, já uma fonte independente estimou que os custos aumentaram dos \$203.3 biliões para \$233.9 biliões. Ainda assim é sugerido que é impossível prever o custo total final do projeto FCS ou a data do seu término. (Kaeser, Cordesman, & Burke, 2009, p. ii)

Em 2011 durante os testes o exército pediu mais fundos com vista a melhorar determinados pormenores relativamente aos sistemas de C4 produzido por empresas envolvidas neste e noutros projetos em desenvolvimento para o exército americano. (Baddeley, Soldier Modernisation Programme, 2011, p. 102)

Pode-se concluir que existe uma relativa importância dada pelos EUA neste tipo de sistemas tendo em conta o investimento já feito e a implementação realizada no TO do Afeganistão bem como o interesse demonstrado na contínua melhoria do projeto.

### 2.3. Fantassin à Équipement et Liaisons Intégrés

O projeto FELIN, de origem francesa, teve a fase de estudos entre 2001 e 2004. O desenho do sistema ficou compreendido entre 2004 e 2008, a qualificação para produção foi alcançada em 2009 e a interoperabilidade dos sistemas apeados com os veículos em 2011. Este, é mais um dos projetos a decorrerem atualmente ligado ao projeto soldado do futuro mas é provavelmente o projeto mais avançado até ao momento, a nível de prontidão de aplicação e entrega aos regimentos, que se prevê ser em 2013, e já tem inclusive data de finalização prevista para 2028. Em maio de 2010 foram entregues 90 sistemas FELIN ao centro de treino FELIN a fim de fornecer aos instrutores uma formação básica inicial do sistema para depois darem formação do mesmo. Após isto, em setembro do mesmo ano, foram entregues os primeiros conjuntos do projeto (cerca de 350) a nível experimental, à componente operacional e, segundo o regimento que os recebeu, houve um incremento significativo na sua eficácia de combate. Está pensado serem entregues aproximadamente 22.600 sistemas, em cinco versões, para equipar os 21 regimentos do exército francês. (SoldierMod, 2009b, p. 27; Barraco & Dechoux, 2009, p. 69; Military Technology, 2010, p. 81; Baddeley, Soldier Modernisation Programme, 2011, p. 92; Baddeley, "Future" Soldier Systems, 2012, p. 19)

O equipamento foi testado em quatro cenários diferentes (selva, montanha, deserto e urbano) com o intuito de o verificar e pôr à prova em todos os cenários possíveis. Foram efetuados mais de 200 testes com o objetivo de validarem cerca de 900 especificações, como forma de garantir que o sistema iria efetivamente ser funcional e corresponder ao que era pretendido. Os combatentes que integraram os testes foram também treinados e instruídos a operarem com os equipamentos aos níveis individual, esquadra, pelotão e companhia, para ser possível testar o sistema em toda a sua amplitude. (SoldierMod, 2009b, p. 27; Barraco & Dechoux, 2009, p. 69)

Os dispositivos foram criados de forma a ser “*user friendly*”<sup>11</sup> como, preferencialmente, devem ser os sistemas do combatente para que numa situação real de combate não surjam dúvidas quanto à utilização. (SoldierMod, 2009b, p. 27)

A abordagem deste projeto a nível energético, ponto de interesse para o presente trabalho, foi a distribuição de quatro baterias por homem para 24 horas de uso do sistema.

---

<sup>11</sup> User friendly – Amigo do utilizador, fácil de usar pelo operador, de fácil compreensão

Baterias que podem ser recarregadas nos veículos utilizados pelo combatente, ligando-se este diretamente ao veículo através de ligações no sistema ou retirando as baterias e colocando-as no veículo. Posteriormente, o carregador montado no veículo pode ainda ser retirado e ser ligado à corrente elétrica normal. (SoldierMod, 2009b, p. 28)

Conforme o tipo de missão, o combatente receberá mais baterias. Naturalmente, com o aumento do número de baterias fornecidas ao combatente, o peso a transportar por este também aumentará, mantendo-se a necessidade de serem recarregadas durante o cumprimento da missão caso esta se prolongue, uma vez que o combatente ainda não possui capacidades de geração de energia, ou no fim desta como é o procedimento normal. (Ibidem)

O equipamento incluído no sistema para o combatente, para além de outros não importantes para o trabalho, são miras diurnas e noturnas, PDA<sup>12</sup>, rádios, aparelhos de visão diurna e noturna, sistemas de posicionamento dos combatentes e qualquer outro equipamento que seja necessário ao cumprimento de uma missão específica. O sistema FELIN interliga todos estes dispositivos a uma fonte de energia central colocada no colete do combatente, que fará a gestão da energia, no entanto, há a possibilidade de cada dispositivo ter a sua própria bateria para que possam operar independentemente. Além disso, o sistema tem, ainda, um outro propósito que é a integração de todos os sistemas individuais e coletivos, desde o nível do combatente até ao nível da companhia, fornecendo uma noção da situação e uma integração na cadeia de comando muito mais completa. (SoldierMod, 2009b, p. 28; Military Technology, 2010, p. 82; Baddeley, Soldier Modernisation Programme, 2011, p. 92)

Este projeto tem uma duração de aproximadamente 13 anos desde a definição do contrato até à plena implementação, prevista, que será 2014-2015. Estão previstas ainda duas melhorias do projeto, uma em 2015 a nível do C2 e do C4I e a outra em 2020 a nível da interligação dos sistemas e da espingarda de assalto utilizada. O projeto representa um investimento de cerca de 1000 milhões de euros. (Military Technology, 2010, p. 81; Baddeley, Soldier Modernisation Programme, 2011, p. 92)

---

<sup>12</sup> PDA – Personal Digital Assistant

## 2.4. Integrated Soldier System Project

O projeto ISSP, projeto canadiano iniciado em 2008, tinha como data prevista de implementação da primeira versão 2010 e depois ser melhorado para as duas versões seguintes entre 2012 e 2018. No entanto, prevê-se que a primeira entrega ocorra em 2014 e que o melhoramento seja feito entre 2018 e 2019. Ainda assim, em 2010 foram introduzidas novas alterações e melhorias no sistema de C4I para que este acessasse mais rapidamente ao LCSS<sup>13</sup>. Estes melhoramentos estão pensados em três ciclos, em que o primeiro fornece apenas as capacidades básicas e em especial as capacidades de assalto, o segundo ciclo aumenta as capacidades anteriores mas mantêm-se dentro da mesma arquitetura e o terceiro ciclo vem alterar definitivamente o sistema até então, melhorando todas as capacidades nas diferentes variantes, desde o comando, ao assalto até ao apoio. Uma das metas a alcançar, à semelhança de todos os outros projetos, é fornecer uma noção da situação o mais eficaz possível. (SoldierMod, 2009c, p. 12; SoldierMod, 2011, p. 65; Baddeley, Soldier Modernisation Programme, 2011, p. 102)

Este projeto é o sucessor de um projeto de 1995, o IPCET<sup>14</sup>, que foi abandonado devido aos seus elevados custos, voltando agora o exército canadiano à modernização dos seus soldados com o ISSP. (SoldierMod, 2009c, p. 12)

Tal como no projeto francês, FELIN, os estudos canadianos também preveem um fim para o projeto ISSP com o seu sucessor em 2020 com o projeto Soldier System 2020. Em simultâneo existem outros projetos relativos à modernização do soldado como o SARP II<sup>15</sup>, o FCU<sup>16</sup> e o Sniper System mas que não serão abordados devido à pouca relevância para este trabalho. Este novo equipamento contempla dispositivos como o AN/PVS-14<sup>17</sup>, binóculos térmicos, miras, GPS e rádios, sendo todo este alimentado por 15 baterias do tipo AA e duas baterias CR123<sup>18</sup>, os soldados levam ainda algumas baterias extra conforme a necessidade e duração do empenhamento. (Ibidem)

---

<sup>13</sup> LCSS – Land Command Support System

<sup>14</sup> IPCET – Integrated Protective Clothing and Equipment Technology

<sup>15</sup> SARP II – Small Arms Replacement Project II

<sup>16</sup> FCU – Future Combat Uniform

<sup>17</sup> AN/PVS 14 – Army/Navy Portable Visual Search 14

<sup>18</sup> Baterias de 3.0V semelhantes às baterias comerciais de 1.5V do tipo AA

O projeto prevê a distribuição, na última fase, de dispositivos tipo *tablet*<sup>19</sup> para o comandante de pelotão e comandantes de secção. (SoldierMod, 2009c, p. 12; SoldierMod, 2011, p. 65)

Tal como se poderia imaginar e é inclusive referido pelo Major Turmel<sup>20</sup>, a questão do peso começa a ser um problema, em que o equipamento do combatente chega aos 37 kg. Sendo que uma das preocupações passa efetivamente pela redução do peso e melhoria da ergonomia do material transportado pelo combatente. Foram usados soldados com experiência em combate, no TO do Afeganistão, para arbitrarem o que consideravam ser a melhor forma do equipamento ser ajustado e qual deste deve ser transportado, para que o combatente transporte consigo apenas aquilo que lhe confere benefícios no cumprimento da sua missão. (SoldierMod, 2009c, p. 12; SoldierMod, 2011, pp. 65,66)

Estão previstos ainda mais dois concursos para 2013 e 2014 para a distribuição de novos sistemas e melhoramento do armamento. (Baddeley, "Future" Soldier Systems, 2012, p. 22)

## 2.5. Future Integrated Soldier Technology

O projeto FIST, de origem inglesa e iniciado com a fase de contrato entre 2003 e 2006, começou por ser desenvolvido em paralelo com o projeto DCC<sup>21</sup> para as questões de combate próximo apeado, que advém do programa LOSA<sup>22</sup> como uma das suas capacidades, que visa a modernização do soldado, dentro dos padrões da OTAN, num período compreendido entre 2015-2020. Padrões esses que contemplam capacidades como Letalidade, Sobrevivência, Mobilidade, Sustentabilidade e C4ISR, dividindo a última em duas vertentes, sendo elas a STA<sup>23</sup> e CBM<sup>24</sup>. (Military Technology, 2007, p. 95; SoldierMod, 2009d, p. 40; Rampling, 2009, p. 96)

Os sistemas foram pensados para poderem ser utilizados de forma simples e rápida pelo combatente, para que aquando da necessidade ser possível operar o sistema sem implicar longos períodos de treino e explicações aos soldados em como operá-lo. (Ibidem)

---

<sup>19</sup> Tablet – Aparelho eletrónico com formato tipo prancheta com funcionalidades/capacidades tipo computador que permite ser utilizado através do toque no ecrã

<sup>20</sup> Major Bruno Turmel – Diretor do Projeto ISSP

<sup>21</sup> DCC – Dismounted Close Combat

<sup>22</sup> LOSA – Land Open Systems Architecture

<sup>23</sup> STA – Surveillance Target Acquisition

<sup>24</sup> CBM – Command and Battlespace Management

Devido às necessidades urgentes relativas ao empenhamento das forças inglesas no TO do Afeganistão estas já vão sendo equipadas com alguns dos componentes disponibilizados desde o seu início até aos dias que correm, tendo já sofrido o primeiro melhoramento, de três previstos, em 2010, a nível do pelotão para dar resposta essencialmente às necessidades imediatas no TO. (Military Technology, 2007, p. 101; Baddeley, Soldier Modernisation Programme, 2011, pp. 94-95)

O projeto contempla novos equipamentos para o combatente desmontado, em que os combatentes são equipados com novos aparelhos de visão noturna, miras térmicas ou intensificadoras de imagem, localizadores de alvos, rádios de comunicação com GPS integrado e, ainda, uma melhor gestão da energia, uma vez que um dos objetivos é reduzir o peso e o volume, aspetos estes onde as baterias utilizadas têm grande responsabilidade. Esta redução em peso e volume, à semelhança do que pretendem fazer noutros projetos, é a fusão de diferentes dispositivos num só, neste caso em específico utilizar um dispositivo que forneça imagens térmicas mas também seja intensificador de luz, conforme a necessidade do momento, e também efetuar este tipo de fusão no que diz respeito aos diferentes tipos de miras que podem ser acoplados no armamento. (Military Technology, 2007, p. 98; SoldierMod, 2009d, p. 41; Baddeley, Soldier Modernisation Programme, 2011, p. 95; SoldierMod, 2011, p. 3; Baddeley, "Future" Soldier Systems, 2012, p. 20)

Os comandantes terão a possibilidade de monitorizar no seu GPS a localização dos seus homens, simbolizados sobre as cartas e mapas fornecidos à unidade. (Military Technology, 2007, pp. 96,97; Rampling, 2009, p. 97)

Numa fase posterior passará pela aquisição de um vasto conjunto de aparelhos eletrónicos, como lasers, por exemplo, para medirem as distâncias e auxiliarem o combatente que utiliza o lança-granadas acoplado à arma, em vez de usar as miras ordinárias atuais, aumentando a sua eficácia. (SoldierMod, 2011, p. 3; Soldier Systems, 2013)

O segundo melhoramento decorreu no final do ano 2012 a fim de sincronizar completamente os pelotões e outros sistemas com os batalhões. (Rampling, 2009, pp. 96-97)

O terceiro melhoramento será em 2020 e pretende integrar e interligar cada soldado individualmente a toda a rede e ao FIST/DCC. (Rampling, 2009, pp. 96-97)

Uma das preocupações tida em conta no projeto é a proteção dos ouvidos mas de forma a permitir que o combatente mantenha a noção do meio que o rodeia. Outra das preocupações e que é comum a todos os outros projetos de modernização do combatente é

---

a questão do peso do material a transportar, que segundo as referências internacionais não deve ultrapassar um terço do peso do combatente. Um dos principais contribuintes para esse peso são as baterias transportadas pelo combatente para alimentar os sistemas que transporta consigo, e, mais especificamente no TO do Afeganistão, para os *jammers*<sup>25</sup> anti-IED<sup>26</sup>. (Rampling, 2009, p. 101; Baddeley, Soldier Modernisation Programme, 2011, p. 95)

A abordagem do projeto é uma abordagem modular para que seja possível adotar qualquer tipo de sistema ou equipamento conforme as exigências da missão e que para além disso, quando for necessário efetuar um novo melhoramento individual a um qualquer tipo de sistema não seja necessário fazer uma revisão morosa e dispendiosa a todo o sistema principal. (Rampling, 2009, p. 98; SoldierMod, 2011b, p. 4; Baddeley, "Future" Soldier Systems, 2012, p. 20; Defense Update, 2013)

Relativamente à componente energética, parte de interesse para este trabalho, o objetivo é a redução da quantidade e tipos de baterias utilizadas pelo combatente bem como a redução de cablagem e fios no combatente, para esse efeito foi introduzido um conector *wireless* para fornecer energia de forma induzida ao combatente quando este se encontra sentado no veículo ou recarregar normalmente quando se encontrar aquartelado, e ainda a possibilidade do combatente poder monitorizar os níveis de energia do sistema. Prevê-se que a necessidade energética do combatente de infantaria no futuro será dez vezes superior à atual. (Rampling, 2009, p. 102; Army Technology, 2013)

Relativamente às fontes de energia as pesquisas assentam em melhorar as capacidades das baterias bem como novas formas de geração de energia. (Rampling, 2009, p. 102)

Segundo Rampling (2009, p. 102), num estudo efetuado durante o projeto, um soldado inglês no TO Afeganistão numa patrulha de 48 horas carregava em média 3,76kg em baterias mas se fosse o operador rádio carregaria cerca de 11kg, onde 48% deste peso se devia às baterias para o *jammer*. Numa patrulha de duas horas em cenário urbano carregavam cerca de 9,5kg em baterias, sendo que 82% deste peso era relativo a baterias para equipamento de proteção, como o *jammer*.

Para evitar este tipo de cargas estão em desenvolvimento dois sistemas de células de combustível. Uma delas nominada de “A1 *power source*” que consiste numa mistura de metanol com uma célula de combustível ou uma bateria híbrida, capaz de produzir em

---

<sup>25</sup> Jammers – Sistemas de empastelamento de sinais rádio

<sup>26</sup> IED – Improvised Explosive Device

média 7.2W e um pico de 30W com um peso de cerca de 1kg com uma densidade de 300 Wh/kg. A outra nominada de “A2 power source” é uma célula de combustível PEM com amoníaco borano-hidrogénio com vista a produzir uma média de 100W e um pico de 150W com a mesma densidade da A1.

Outro estudo assenta sobre uma central de energia com uma densidade energética entre os 600 e os 800Wh/kg.

## **2.6. Prokrocily Individualny Bojovy System**

O projeto PIBS da Eslováquia iniciou-se em 2004, com o desenvolvimento concetual, e foram efetuados os primeiros testes, na fase de teste com fogo real, ao nível de esquadra em 2007. Desde essa altura até 2012 seguiu-se a fase de desenho e desenvolvimento. (SoldierMod, 2009e, p. 18; SoldierMod, 2010a, p. 36)

A intenção é de serem adquiridos cerca de 500 sistemas, iniciando em 2013 e finalizando em 2017 o processo de aquisição. No entanto, inicialmente, o sistema destinar-se-á apenas às forças especiais. (Ibidem)

O projeto contempla vários estudos, desde a questão do camuflado, os meios de transmissão e o equipamento de C4I, no qual um dos dispositivos era um PDA. Com o evoluir dos estudos e a aplicação do material decidiram alterar o conceito para a utilização de um display junto ao olho do combatente e um display com *joystick*<sup>27</sup> para o comandante de pelotão, em vez do PDA para todos os combatentes e também a alteração dos meios rádio. O combatente está ainda equipado com intensificador de imagem e mira térmica. (SoldierMod, 2009e, p. 18; SoldierMod, 2009f, p. 30)

Os testes relativos ao C4I a nível de esquadra foram terminados em 2009, revertendo os trabalhos futuros para outras vertentes como novos sistemas de carregamento de material e a proteção individual. (SoldierMod, 2009f, p. 30; SoldierMod, 2010a, p. 36; Baddeley, "Future" Soldier Systems, 2012, p. 22)

O sistema está pensado para ser utilizado no mínimo 12 horas e durar até 24 horas, pesar até 24kg e apenas 16kg para necessidades mais ágeis em combate. (SoldierMod, 2009e, p. 18)

---

<sup>27</sup> Joystick – Botão de controlo multidirecional

No entanto, só até 2009 foram efetuadas pesquisas mais aprofundadas nesta questão e até ao nível da esquadra no que toca ao C4I, a partir dessa altura os esforços concentraram-se mais nos tecidos dos camuflados e nos seus padrões, na proteção individual e nos sistemas de transporte e mesmo estes têm sido pouco pesquisados e algumas das áreas mesmo estagnadas uma vez que foi apontada a falta de verbas pelo Ministro da Defesa eslovaco. (SoldierMod, 2010a, p. 36; Baddeley, Soldier Modernisation Programme, 2011, p. 100; Baddeley, "Future" Soldier Systems, 2012, p. 22)

## **2.7. Soldier Modernisation Programme**

O programa SMP, do exército dinamarquês, foi abordado, à semelhança de outros, em duas fases, curto-prazo e longo-prazo, sendo a primeira fase orientada para a resposta às necessidades presentes e às missões em curso mas com uma visão no futuro, para que numa fase posterior, segunda fase, possa ser evoluído de forma a enquadrar-se e adaptar-se a situações futuras. (Kiaerskou, 2007, p. 56)

Após treinos e testes efetuados em 2006 foram identificadas cinco áreas nas quais pretendiam ver melhorias com a introdução do programa, sendo elas a Letalidade, a Mobilidade, o C4I, a Sobrevivência e Sustentabilidade, também com o objetivo de se enquadrarem dentro dos cinco pilares de capacidades emanados pela OTAN, já referidas no primeiro capítulo do presente trabalho. (Ibidem)

Quanto ao equipamento, até à data, fazem parte do equipamento do combatente, para além de outros não relevantes para o trabalho, marcadores e iluminadores laser, no espectro do visível e infravermelho, camaras térmicas, miras óticas, GPS, rádios e sistemas de localização de snipers, no entanto, apesar de todo este material necessitar de energia elétrica para funcionar, até à data, não tinham qualquer projeto relativamente à sustentabilidade mas identificaram esta questão como um desafio importante. (Kiaerskou, 2007, p. 57; Baddeley, "Future" Soldier Systems, 2012, p. 21)

Este programa ao contrário dos outros projetos, e daí ser programa e não projeto, não tinha em mente a criação de um projeto próprio como os outros mas sim a aquisição de um dos projetos em desenvolvimento por outro país, nomeadamente, o Land Warrior (EUA), o IdZ (Alemanha), o FELIN (França) ou o FIST (Reino Unido). (SoldierMod, 2010b, p. 22)

A questão dos custos destes projetos, para a Dinamarca, foi desde o início um dos principais pontos de preocupação e que acabou por levar ao cancelamento da aquisição de qualquer que fosse o projeto. Não invalidando, no entanto, a aquisição de novo material como pontos de mira laser, proteção balística para os olhos, entre outros equipamentos, acabando por ser esse o caminho escolhido. (SoldierMod, 2010b, p. 22; Baddeley, "Future" Soldier Systems, 2012, p. 21)

O problema encontrado por esta abordagem foi a questão relativa à integração dos diferentes equipamentos e a suscetibilidade de estarem sujeitos ao que o mercado oferece, sendo ou não compatível com o equipamento que já dispõem uma vez que não têm ninguém responsável pela criação de equipamentos e sistemas de acordo com as suas necessidades e que se integrem uns nos outros. (SoldierMod, 2010b, p. 22)

Assim, a solução para a falha que representa o não acompanhamento na evolução da tecnologia, a não criação de um projeto ou a não aquisição de um projeto estrangeiro é colmatada pela maior exigência no treino, maior tempo de treino e maior preparação física, de acordo com o comandante do Danish Army Combat Center (DACC), o Coronel Eigil Schjønning. (SoldierMod, 2010b, p. 23)

Uma vez que não optaram por um projeto nacional ou estrangeiro a questão do peso, que pretende ser reduzida nos projetos já referidos anteriormente, mantém-se e, após efetuarem um estudo, numa das suas companhias que se encontra no TO do Afeganistão, chegaram à conclusão que 10 a 15% das lesões na companhia são devido ao peso carregado pelo combatente, assim, está a ser repensada a forma de transporte do material, a ergonomia e o uso de equipamento modular. (Ibidem)

Desta forma, pode-se concluir que, apesar do uso de equipamento eletrónico e de existir a intenção de adquirir mais, no que concerne à autossustentabilidade do combatente a nível energético, nada será feito nem melhorado, mantendo o pesado uso das baterias utilizadas até hoje.

## **Conclusão**

Após o estudo e análise dos sistemas/projetos supra apresentados é possível identificar linhas convergentes em todos eles no que diz respeito ao C4I, denota-se uma preocupação emergente na pesquisa de informações ou recolha de notícias e

esclarecimento da situação aos mais baixos escalões e destes para os escalões superiores, permitindo apoiar a decisão do comandante e de tomá-la em tempo oportuno.

A melhoria no armamento ou nos sistemas de tiro, como miras ou camaras, também se encontra em sintonia nos vários projetos, assim como as preocupações a nível de equipamento proteção individual, entre outras necessidades, uma vez que os sistemas/projetos, em geral, identificaram um conjunto de capacidades iguais ou semelhantes, sendo estas nas áreas da letalidade, sobrevivência, mobilidade e sustentabilidade.

Inserida nesta última capacidade, a questão energética, de principal relevância para o presente trabalho, é também identificada por todos como sendo uma questão de interesse, no entanto, no projeto SMP e apenas por questões financeiras nada será, de momento, adquirido ou alterado a nível de evolução dos presentes sistemas utilizados pelas forças dinamarquesas mas será repensada a forma de carregamento e transporte do material uma vez que a questão energética, uma vez mais para todos, não passa apenas pelo aumento da autonomia do combatente nesta área mas também, e com a mesma importância, a diminuição do peso transportado no que diz respeito a baterias e ao volume que produzem.

A preocupação com o peso transportado pelo combatente, sendo que as baterias são responsáveis por significativa parte deste, como identificado pelos estudos efetuados em parte dos sistemas/projetos apresentados, leva à análise da necessidade da evolução dos sistemas atuais e da melhoria na área energética relativamente aos benefícios que oferece ao combatente. A utilização de novos sistemas como forma de produção e armazenamento de energia mais eficazes permitem a redução no número de baterias, no volume e no peso a ser transportado pelo combatente, o que permitirá níveis de cansaço menores, maior mobilidade e conseqüentemente melhores níveis de desempenho. Além de que o irá dotar de uma autonomia superior, permitindo aliviar significativamente o canal logístico nesta área específica.

Comparativamente ao projeto que vem sendo desenvolvido nacionalmente, o MEP, existem algumas semelhanças com este mas apenas no que diz respeito à questão da energia, na sua produção e armazenamento, conseqüentemente na redução de peso e aumento da autonomia. Na sobrevivência, existe uma pequena preocupação com a proteção, estando os sistemas a serem desenvolvidos com alguma capacidade de proteção balística, na letalidade, de momento, não se anteveem quaisquer evoluções e na área da mobilidade existe um estudo e alguns protótipos a nível de mulas mecânicas noutro projeto

que não no MEP mas com a participação de algumas das empresas integrantes deste. (Marques, MEP, 2013e)

Na Tabela 1 (Resumo da previsão de capacidades dos projetos analisados) apenas são apresentadas as capacidades às quais foi dada maior importância nos documentos relativos aos projetos, não obstante da noção de que não foram apenas estas as capacidades levantadas nos diferentes projetos.

Capacidade Projeto	Interoperabilidade internacional	Sistemas não Tripulados	C4I	Interoperabilidade Interna	Letalidade	Geração de Energia
Team 21 <sup>st</sup> CSS	x	x				x
FCS		x	x	x	x	x
FELIN			x	x	x	x
ISSP			x	x	x	
FIST			x	x	x	x
PIBS			x		x	
SMP			x		x	

**Tabela 1 (Resumo da previsão de capacidades dos projetos analisados)**

## **Capítulo 3**

### **Soluções Energéticas**

#### **Nota introdutória**

Após ter-se dado a conhecer, no Capítulo 2 - Projetos de Modernização do Combatente, alguns dos projetos de modernização do soldado, com especial ênfase nos dispositivos eletrônicos que estes incluem ou irão incluir, encontra-se patente a necessidade de alimentação energética para os mesmos. Esta necessidade energética, cada vez maior devido ao aumento do número de dispositivos eletrônicos transportados e operados pelo combatente, tem vindo a tornar-se, por essa razão, cada vez mais objeto de estudo, de investigação e de desenvolvimento, com o objetivo de melhorar as capacidades existentes de sustentação. Para além da sustentação, o principal objetivo é aumentar a autonomia de operabilidade dos dispositivos e reduzir o peso e o volume a transportar pelo combatente.

Este melhoramento é conseguido através de diferentes dispositivos com diferentes funções, nomeadamente, gerar, gerir e distribuir e armazenar a energia.

Assim, neste capítulo irá ser dado a conhecer alguns dos dispositivos que permitem alcançar os objetivos referidos anteriormente. Estes serão dispositivos exemplificativos de uma determinada tecnologia, que lhe corresponde, podendo existir variações e derivações dos mesmos, conforme o fabricante ou projeto a desenvolvê-lo.

#### **3.1. Sistemas de Geração de Energia**

##### **3.1.1. Micro Geração**

A micro geração de energia é entendida como a forma de produzir energia tal como a geração de energia, ou seja, ao contrário das baterias ou pilhas que fornecem energia

através da conversão de energia química em energia elétrica e limitada à sua capacidade de armazenamento, a geração de energia produz efetivamente energia e não está limitada à capacidade de armazenamento porque esta produz energia através de combustíveis ou através do aproveitamento de elementos externos existentes no meio ambiente, no entanto, denomina-se de micro geração porque consiste na produção de energia através de dispositivos com um tamanho muito reduzido mas com um funcionamento igual ou em tudo semelhante aos de maiores dimensões. (Ribeiro, 2011, p. 14)

### **Micro Turbinas**

As micro turbinas ou as turbinas em escalas maiores, como as encontradas nos aviões a jato, por exemplo, apresentam o mesmo funcionamento mas apenas em proporções diferentes. Tanto que, hoje em dia, grande parte da energia elétrica utilizada é produzida por turbinas, como é o caso da energia produzida pelas turbinas que se encontram nas barragens elétricas, movidas a água. (Marques, Projeto MEP, 2013a)

Sendo que as turbinas a utilizar como solução energética para o combatente apeado seria uma turbina de tamanho reduzido, semelhante às que podemos encontrar em modelos telecomandados, como se pode ver na Figura 2 (Micro Turbina). (Marques, Projeto MEP, 2013a)

A turbina absorve ar que é misturado com combustível, passando por uma fase de compressão ou não, dependendo da turbina, e depois sujeitos à combustão. Os gases produzidos passam pelo interior da turbina que produz energia elétrica. (Marques, Projeto MEP, 2013; Ribeiro, 2011, p. 19)

Estes dispositivos são extremamente eficientes no que concerne ao rácio entre peso e energia produzida, libertam poucos gases e as partes móveis são poucas, no entanto, essa eficiência depende diretamente de grandes quantidades de combustível, o que se torna um problema para o combatente, uma vez que tem que transportar o combustível, implica mais peso, e fica dependente de um contínuo reabastecimento do mesmo. Para além de que o transporte de elevados volumes de combustível constituem uma ameaça para o combatente, devido ao perigo de inflamação ou explosão, existindo ainda a questão das elevadas temperaturas produzidas que também poderão ser prejudiciais para o soldado bem como proporcionarem uma fácil deteção devido à temperatura e ao ruído. (Marques, Projeto MEP, 2013; Ribeiro, 2011, p. 20; Norton, Voit, Bruggemann, Vlachos, & Wetzels, 2004)

Existem pesquisas que propõem aproveitar diretamente as elevadas temperaturas para as transformar em energia elétrica mas o problema da relação entre as elevadas temperaturas no combatente mantém-se. No entanto, ainda são tecnologias em fase experimental e pouco desenvolvidas tecnologicamente. (Marques, Projeto MEP, 2013; Ribeiro, 2011, p. 19; Norton, Voit, Bruggemann, Vlachos, & Wetzel, 2004)



**Figura 2 (Micro Turbina)**

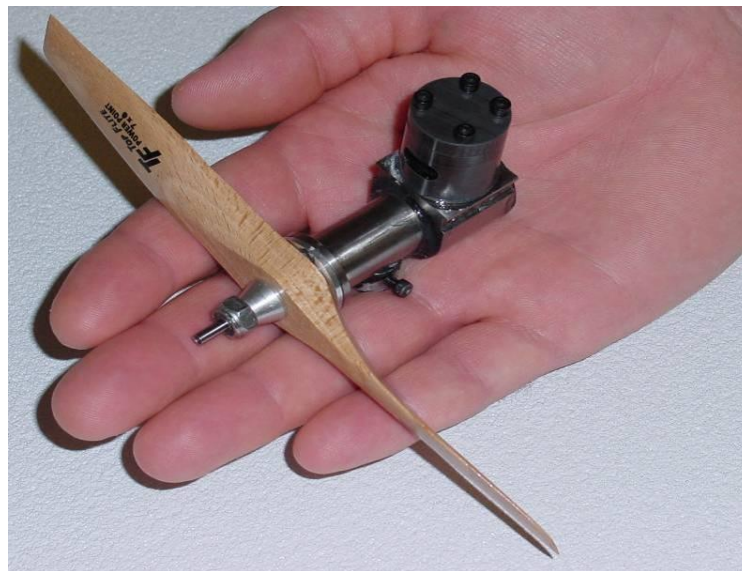
Fonte: (AMT Netherlands, 2013)

## **Micro Motores**

Os micro motores, como o apresentado na Figura 3 (Micro motor) podem apresentar diversos tamanhos. Muitos destes, utilizados em estudos iniciais, são muitas vezes motores já existentes no mercado para fins recreativos, como o modelismo, tanto aéreo como terrestre. Os mesmos utilizados, inclusive, nos UAV de pequena dimensão. Depois, conforme os requisitos apurados para o projeto em questão, são desenvolvidos modelos que correspondam às necessidades identificadas (Ribeiro, 2011, p. 18).

Estes pequenos motores permitem gerar quantidades de energia consideráveis e basta serem reabastecidos com combustível fornecido pelo canal logístico, ao contrário das baterias, que em alguns casos até conseguem fornecer a mesma energia mas não durante

tanto tempo, uma vez que estão limitadas à carga contida, e pesam mais do que os motores. Estes motores têm ainda a capacidade de alimentar picos altos de energia. Neste sentido cada vez mais este tipo de solução tem sido investigada e desenvolvida, uma vez que, para além da questão do combustível, é um tipo de tecnologia já vastamente conhecida e consolidada, no que concerne à aplicação automobilística, aeronáutica e náutica, uma vez que o funcionamento destes pequenos motores é em tudo semelhante aos de escalas superiores. No entanto, nesta situação, estamos perante soluções muito grandes e pesadas para que o combatente apeado possa transportar, juntamente com o combustível. Assim, a sua aplicação operacional requer ainda algumas alterações a nível de tamanho e peso. O que dificulta, em termos técnicos, o arrefecimento e a resistência dos materiais ao serem miniaturizados. (Ibidem)



**Figura 3 (Micro motor)**

Fonte: (Ribeiro, 2011, p. 19)

Para além das dificuldades descritas acima, existem outras questões negativas nesta tecnologia, como é a questão do elevado ruído produzido por estes motores, assim como a assinatura térmica que estas libertam, facilitando a deteção do combatente no campo de batalha. Existe ainda o perigo do combatente transportar consigo o combustível para o motor, o que poderá consistir num perigo de toxicidade e/ou inflamação, podendo este ficar ferido. (Ibidem)

## **Células de Combustível**

As células de combustível são dispositivos que funcionam, basicamente, como funciona uma bateria normal, no entanto, estas não se esgotam, ao contrário do que acontece com as baterias. Conforme as capacidades da bateria e o consumo que é imputado, esta mais cedo ou mais tarde esgotar-se-á e terá que ser trocada ou recarregada uma vez que as suas capacidades dependem dos produtos químicos internos, no que diz respeito às suas capacidades de manter a transformação da energia química destes em energia elétrica, podendo ou não ser recarregada, processos que irão ser explicados neste mesmo capítulo no ponto 3.2.2. Baterias (ver página 33). (Ribeiro, 2011, pp. 11-14)

As células de combustível apesar de funcionarem de forma semelhante, uma vez que, também transformam a energia química em energia elétrica, não apresentam esta limitação porque a sua capacidade de efetuar esta transformação é teoricamente inesgotável, dependendo apenas da contínua entrada de combustível e oxigénio. (Ribeiro, 2011, pp. 15-17; University of California, Irvine, 2013; How Stuff Works, 2013)

Apesar desta combinação também se assemelhar a outra tecnologia e poder levar o leitor a relacioná-la com os dispositivos de combustão, não o é, e a diferença é total. Enquanto na combustão existe a queima do combustível com o oxigénio e a emissão de calor e de gases, resultantes dessa queima, as células de combustível não efetuam qualquer um destes processos, visto que se limita, tal como as baterias, a fazer a transformação “limpa” da energia química, que os dois químicos libertam na sua junção, em energia elétrica. Desta forma, enquanto se mantiver a entrada de ambos a produção de energia elétrica é mantida. Estes dispositivos são reabastecidos apenas através de pequenas e leves células de combustível uma vez que o oxigénio é obtido através do ar. (Ribeiro, 2011, pp. 15-17; University of California, Irvine, 2013)

Segundo Ribeiro (2011) esta tecnologia, ainda que necessite de mais desenvolvimento, já é muito vantajosa, visto que, a duração de cada célula é bastante longa, os dispositivos existentes são bastante leves, não produz calor ou emite gases, não é tóxico para o combatente nem contém produtos tóxicos que possam ser libertados na eventualidade de se danificar em combate.

Existem diversos dispositivos com diferentes capacidades, pesos e volumes, consoante o fabricante ou projeto investigador, sendo que alguns destes têm sido testados

em diferentes projetos de modernização do soldado, como o FIST ou o FCS, já falados no capítulo anterior.

Uma das propostas mais recente e eficiente é o dispositivo apresentado na Figura 4 (Célula de Combustível). Este dispositivo produzido pela empresa alemã SFC Energy AG, apresenta 1,7kg de peso, 25W contínuos de potência, voltagem entre os 10 e os 30V e opera entre os -20°C e os +50°C. (SFC ENERGY, 2013)



**Figura 4 (Célula de Combustível)**

Fonte: (SFC ENERGY, 2013)

### **3.1.2. *Harvesting***

O conceito de *harvesting* é entendido como uma forma de geração de energia mas não através da queima de combustíveis fósseis, ou seja, a energia é gerada aproveitando o movimento, transformação de energia mecânica em elétrica, aproveitando a energia solar, através de painéis solares convertendo-a em energia elétrica, ou através da energia eólica, transformando também a energia mecânica em energia elétrica, entre outras formas de produção. A vantagem destas tecnologias é que, teoricamente, são inesgotáveis. No entanto, e uma vez que serão apresentadas as soluções que até ao momento estão em estudo para aplicar no combatente apeado, a energia eólica não será tratada. (Ribeiro, 2011, p. 20)

### Cristais *piezo*-elétricos

A possibilidade de se produzir energia aproveitando os movimentos naturais do combatente, como o caminhar, têm vindo a ser objeto de estudo e pesquisa como o uso de dispositivos de cristais *piezo*-elétricos colocados no tacão da bota deste. O seu funcionamento consiste em colocar um dispositivo, como o que vê na Figura 5 (Dispositivo de cristais *piezo*-elétricos para bota) ou algo semelhante a este, no tacão da bota do combatente e este, ao andar, pressiona o dispositivo com o calcanhar colocando o seu peso sobre este, gerando energia quando os cristais sofrem uma deformação (normalmente por compressão) cada vez que este ciclo é efetuado. (Marques, Projeto MEP, 2013a; Ribeiro, 2011, pp. 21,42)

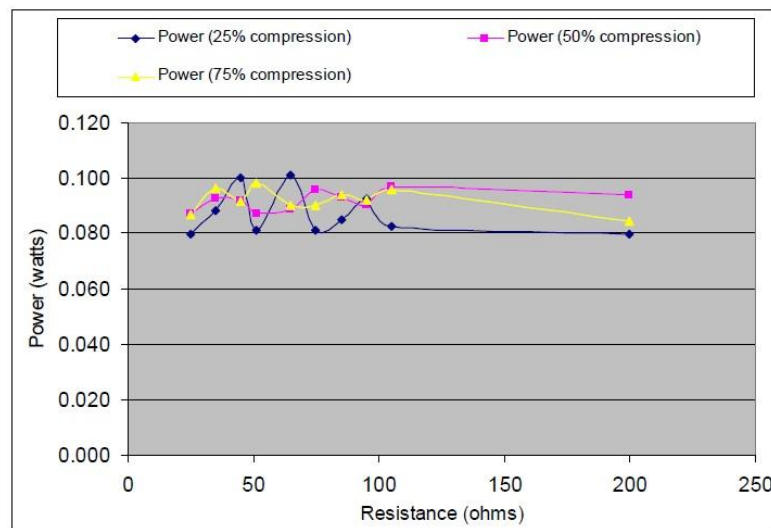


**Figura 5 (Dispositivo de cristais piezo-elétricos para bota)**

Fonte: (HOWELLS, Piezoelectric Energy for Soldier Systems, 2008)

Esta tecnologia aparentemente promissora e viável, uma vez que não produz assinatura térmica, ruído ou gases nem necessita de reabastecimento de combustível, não o é, uma vez que apesar das suas aparentes vantagens tem uma produção energética muito baixa, como se pode ver na Tabela 1 (Produção energética fornecida pelo dispositivo apresentado na Figura 5), comparando com a Tabela 2 (Exemplos de consumos de

dispositivos de baixo consumo usados diariamente) que a sucede, onde se podem ver alguns dos exemplos de necessidades energéticas de aparelhos eletrônicos usados no dia-a-dia com baixo consumo. Mesmo que esta solução pudesse ser utilizada como solução de último recurso, causa desconforto ao utilizador e coloca mais peso na bota, segundo um dos estudos desenvolvidos no MEP. (HOWELLS, Piezoelectric Energy for Soldier Systems, 2008; Piezo Systems, Inc., 2011; Ribeiro, 2011, pp. 21,42)



**Tabela 2 (Produção energética fornecida pelo dispositivo apresentado na Fig. 5)**

Fonte: (HOWELLS, Piezoelectric Energy for Soldier Systems, 2008)

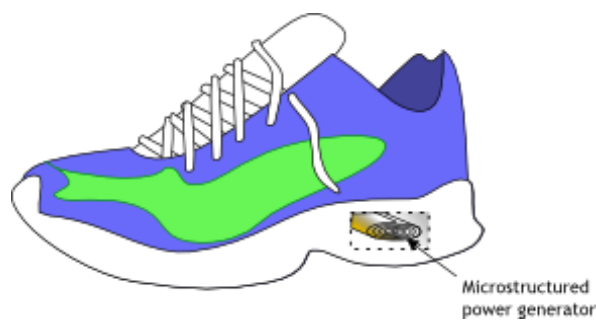
Products	Battery Voltage (volts)	Power Consumption in Stand-By Mode (watts)	Power Consumption in Active Mode (watts)
Cellular Phone	Lithium ion battery (3.6V)	0.042	1.7
Two Way Communicator	3-AA batteries (4.5V)	0.158	0.675
Pagers	1-AA batteries (1.5V)	0.023	0.030

**Tabela 3 (Consumos de dispositivos de baixo consumo usados diariamente)**

Fonte: (HOWELLS, Piezoelectric Energy for Soldier Systems, 2008)

Segundo a pesquisa efetuada pelo Dr. Ville Kaajakari<sup>28</sup>, para uso civil, na qual este coloca no calcanhar das sapatilhas um micro *piezo*-elétrico, visível na Figura 6 (*Piezo*-elétrico para uso civil), que pesa apenas 6 gramas e que, segundo o autor, pode produzir até 10mW, sendo possível alimentar um recetor GPS ou até mesmo um telemóvel. (Kaajakari, Ville Kaajakari's research pages - Shoe power, 2013; Kaajakari, Microstructured Piezoelectric Shoe Power Generator Outperforms Batteries, 2013; Kaajakari, Shoe Power, 2009)

Desta forma o uso em contexto militar, nomeadamente na bota do combatente, é apenas uma questão de adaptação e aparentemente mais leve e mais confortável que o dispositivo mostrado anteriormente na Figura 5 (Dispositivo de cristais *piezo*-elétricos para bota).



**Figura 6 (*Piezo*-elétrico para uso civil)**

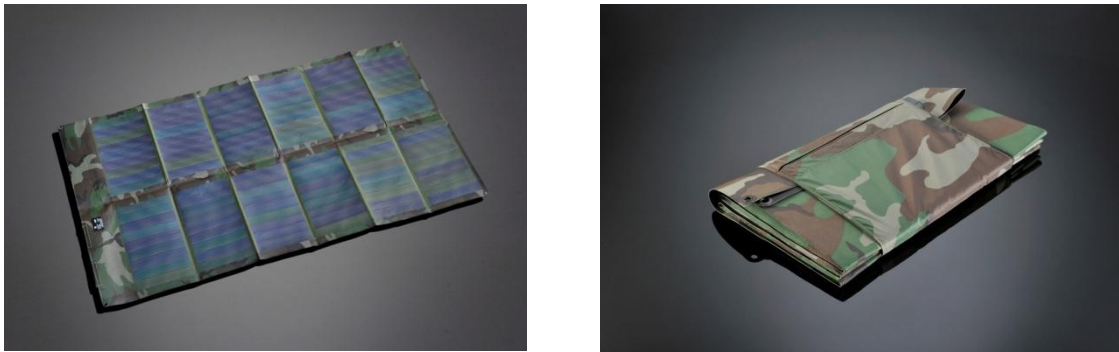
Fonte: (Kaajakari, Ville Kaajakari's research pages - Shoe power, 2013)

## Painéis Solares

Os painéis solares têm sido uma das opções mais procuradas para uso na modernização do soldado, estando presente esta opção em diferentes projetos de modernização assim como em uso no TO do Afeganistão. Os painéis solares utilizados para este fim funcionam como os painéis solares que se vêem cada vez mais nas habitações familiares. Os painéis captam a luz solar através das suas células fotovoltaicas e transformam-na em energia elétrica. É uma tecnologia vantajosa, no entanto, os painéis

<sup>28</sup> Dr. Ville Kaajakari foi professor assistente na Louisiana Tech University e é atualmente o Cientista Chefe na empresa VTI Technologies, empresa que se dedica ao desenvolvimento de micro sistemas elétricos e mecânicos, alguns na área da geração de energia. (Louisiana Tech University, 2013) (LinkedIn, 2013)

criados para o uso militar e especificamente para o soldado apeado apresentam necessárias alterações relativamente aos falados anteriormente. A primeira questão é o peso e ligado a este, o tamanho, para que o combatente possa transportar consigo um módulo de painéis solares é necessário que este seja leve, pouco volumoso, resistente, dobrável/desdobrável e ainda, de preferência, que não emita reflexo quando o sol incida neste, uma vez que pode levar à sua deteção. Um exemplo deste tipo de tecnologia é o painel solar apresentado na Figura 7 (Painel solar desdobrável), desenvolvido pela Bren-Tronics, uma empresa norueguesa que se dedica à produção de soluções energéticas para uso militar. (Marques, Paineis Solares, 2013b; Ribeiro, 2011, p. 43; Power Film Solar, 2013)



**Figura 7 (Painel solar desdobrável)**

Fonte: (Ben-Tronics, Inc, 2013)

O cumprimento destes requisitos leva necessariamente a alguma diminuição de performance, uma vez que para ser leve e pouco volumoso não pode conter muitos painéis, para ser dobrável/desdobrável implica que seja flexível, os painéis rígidos apresentam maior eficácia do que os painéis flexíveis, e por fim para não emitir reflexo requer uma tecnologia diferente dos normais que também leva a decréscimo de produtividade. (Ribeiro, 2011, pp. 42,43; Marques, Paineis Solares, 2013b)

Existem vários modelos com as mais variadas características e tamanhos. Depende do fabricante e do propósito a que se destinam. (Ibidem)

O modelo apresentado em cima, segundo a empresa fabricante, a Bren-Tronics, opera entre os  $-40^{\circ}\text{C}$  e os  $+70^{\circ}\text{C}$ , produz 62W, tem de comprimento e largura, desdobrado, 1333,5mm e 762mm, respetivamente, uma espessura de 6,35mm e pesa 1,41kg. (Ben-Tronics, Inc, 2013)

### 3.2. Armazenamento de energia

Segundo Ribeiro (2011), o armazenamento de energia é a principal forma de fornecimento energético atualmente utilizado para satisfazer as necessidades energéticas do combatente apeado, através do uso de baterias ou pilhas, uma vez que todos os equipamentos eletrônicos utilizados por este funcionam através de uma destas opções.

A energia é armazenada através de uma solução química que permite fornecer energia elétrica através da conversão da energia química em energia elétrica.

Estas duas formas são e continuarão a ser uma das principais opções para o fornecimento energético, uma vez que, independentemente da evolução da geração de energia, haverá sempre a necessidade de a armazenar para mais tarde utilizar, podendo não haver oportunidade de gerar energia numa determinada situação.

Uma vez que o conceito de bateria e pilha é o mesmo, variando apenas no tamanho, de seguida será adotado o termo “bateria” para todos os casos.

#### 3.2.1. Flywheel

A tecnologia da flywheel não é uma forma de geração de energia, uma vez que não "gera" energia, converte energia elétrica em energia cinética e vice-versa, no entanto, também não é efetivamente uma forma de armazenamento de energia mas enquadra-se neste ponto uma vez que esta, na realidade, “guarda” energia cinética que, consoante a necessidade, pode ser convertida em energia elétrica. (Marques, Flywheel, 2013c)

Esta tecnologia funciona segundo o girar de algo, com uma determinada massa, dentro de um contentor próprio. Este contentor é selado em vácuo permitindo que a peça que gira no seu interior o faça de forma livre e sem resistência, atingindo velocidades de rotação extremamente elevadas. As velocidades podem ser na casa das 500.000 rpm<sup>29</sup>, variando para mais ou menos consoante o dispositivo. Neste processo ainda só estamos perante uma energia cinética elevadíssima, que, por sua vez, será convertida em energia elétrica quando é retirada carga elétrica à flywheel obrigando a peça giratória a abrandar,

---

<sup>29</sup> RPM – Rotações Por Minuto

este abrandamento drástico produz elevadas quantidades de energia elétrica. Quando não se pretende obter energia do dispositivo este fica desligado, mantendo-se a girar livremente. Se for necessário maiores quantidades de energia basta aplicar-lhe alguma carga elétrica que a peça interior girará ainda mais rápido, o que provocará um aumento na produção energética aquando do seu abrandamento abrupto. (Marques, Flywheel, 2013c; Ribeiro, 2011, p. 45; TEKEVER ADS, 2012)

A velocidade de rotação está ligada à massa, tendo uma relação quase que inversamente proporcional, visto que, quanto mais massa possuir a peça giratória menor velocidade necessitará e vice-versa. (Ibidem)

No entanto, o seu uso como forma de armazenamento de energia a nível portátil é algo de complicado e pouco aplicável, isto porque, independentemente da massa interior, todo o seu conjunto é bastante pesado e ainda existe a questão das elevadas taxas de rotação, uma vez que ao ser reduzida a massa do conjunto implica o aumento da velocidade de rotação, tornando-se isto prejudicial para o combatente que transporta a flywheel consigo porque esta irá exercer uma força vetorial de 90° relativamente à posição do dispositivo, sendo desconfortável e provocador de desequilíbrio. Assim, mais massa é prejudicial para o combatente porque implica mais peso mas menos massa também o é porque implica mais rotação. (Ibidem)

Este dispositivo acaba por ser mais pesado do que um conjunto de baterias com uma quantidade de energia elétrica equivalente. (Marques, Flywheel, 2013c)

### **3.2.2. Baterias**

As baterias existentes exibem, atualmente, os mais diversos formatos e tamanhos, bem como as mais variadas capacidades e durações. A escolha do tipo de bateria varia, normalmente, conforme a oferta nacional existente, sendo que a sua composição química também variará de país para país consoante o fabricante, pelas mais diversas razões. (Ribeiro, 2011, pp. 11-14)

Existem dois tipos de baterias, as chamadas primárias e secundárias, sendo que as primeiras não são recarregáveis devido à sua composição química não permitir o retorno ao estado químico anterior, e as segundas que são recarregáveis porque a sua composição química permite o retorno ao estado químico anterior através da imposição de uma carga elétrica, quando se efetua a recarga. (Ibidem)

A grande maioria do mercado a nível de baterias, principalmente em Portugal, é para uso civil mas muitas destas opções são usadas também a nível militar uma vez que a compatibilidade, pelo menos a nível energético, existe. No entanto, existem diferenças nas características de fabrico de baterias para uso militar e para uso civil. As baterias para uso militar, no seu fabrico, devem ter particular capacidade a nível de resistência ao choque, à perfuração, ao curto-circuito e a condições atmosféricas extremas, para que não expludam ou libertem gases tóxicos para o combatente. (Ibidem)

Segundo Ribeiro (2011), as baterias que serão apresentadas, são algumas das possíveis opções para uso nos projetos de modernização do combatente, identificadas pelo trabalho de estudo da arte realizado para o projeto MEP.

Os constituintes químicos geralmente utilizados nas baterias primárias são o Zinco-Carbono, o Cloreto de Zinco e o Zinco-dióxido de Manganês, estas resultam nas usualmente conhecidas como baterias alcalinas, ou Zinco-óxido de Níquel Hidróxido, Lítio-dióxido de Enxofre (Li-SO<sub>2</sub>), Cloreto de Lítio-Thionyl (Li-SOCl<sub>2</sub>), Lítio-dióxido de Manganês (Li-MnO<sub>2</sub>), Zinco-ar, Óxido de Prata. As suas capacidades variam conforme a conjugação química entre os 50 Wh/Kg e os 350 Wh/Kg.

As baterias secundárias ou recarregáveis, pelas razões descritas anteriormente, apresentam constituições químicas diferentes das primárias, sendo que as baterias normalmente encontradas são de Níquel-cádmio (NiCd), Chumbo, Níquel-Hidreto de Metal (NiMH), Níquel-Zinco (NiZn) e de baterias de iões de Lítio (Li-Ion).

Uma vez que a constituição é diferente as suas capacidades também serão, variando entre os 30 Wh/Kg e os 200 Wh/Kg, o que representa capacidades bastante inferiores quando comparadas com as baterias não recarregáveis.

## Baterias não recarregáveis

### LSH 20

(existência de diversas versões com diferentes características)

Uso militar

Vtagem: 3,6V

Capacidade: 13.000mAh

Peso: 100 g

Temperatura: -60°C a +85° C

Custo: ±20€

Duração prevista: 150h contínuas a 3,5V,  
50Ohms e 70mA



Figura 8 (bateria LSH 20)

Fonte: (Saft, 2013)

### Keeper PT-2300

(existência de diversas versões com diferentes características)

Uso militar

Vtagem: 3,5V

Capacidade: 12.000mA

Peso: 97 g

Temperatura: -55°C a +85° C

Custo: ±20€

Duração prevista: 1300h contínuas a  
3,6V, 583Ohms e 5mA



Figura 9 (bateria Keeper PT-2300)

Fonte: (Wellic, 2013)

## Baterias recarregáveis

### PS 48B

(existência de diversas versões não-recarregáveis e recarregáveis com diferentes características)



Uso militar

Voltagem: 17,5V

Capacidade: 18.000mAh

Peso: 1150 g

Temperatura: -60°C a +85° C

Custo: Não disponível

Duração: Não disponível

**Figura 10 (bateria PS 48B)**

Fonte: (Saft, 2013)

### VL 34570

Uso militar

Voltagem: 3,7V

Capacidade: 5.400 mAh

Peso: 125 g

Temperatura: -50°C a +60° C

Custo: Não disponível

Duração: Não disponível



**Figura 11 (bateria VL 34570)**

Fonte: (Saft, 2013)

### 3.3. Gestão de Energia

No que diz respeito à gestão de energia apenas será apresentado um exemplo em específico, o dispositivo utilizado no MEP, o WAC, como se pode ver no Anexo A, uma vez que ao contrário do que sucede com os dispositivos apresentados anteriormente que são exemplificativos da sua tecnologia, não existe algo generalizado e disponibilizado. (Marques, Gestão de Energia, 2013d)

Na gestão de energia cada fabricante ou cada projeto desenvolve o seu próprio dispositivo, sendo que mostrar um deles não passaria da apresentação de uma imagem de uma placa de circuitos elétricos, em nada esclarecedora do assunto em questão, uma vez que a verdadeira essência desta tecnologia não está propriamente no *hardware* mas sim no *software* desenvolvido para este. (Ibidem)

As capacidades deste *software* dependerão de quem o desenvolve e principalmente dos objetivos a que se propõe alcançar. Estes dispositivos de gestão de energia, *hardware* e *software*, poderão ser do mais básico ao mais complexo possível. Numa versão mais básica e simples o dispositivo pode fazer apenas a gestão "pura e dura" da energia, existindo portas de entrada específicas para diferentes voltagens onde entrará a energia fornecida pelos dispositivos de geração ou armazenagem de energia, depois este gere a energia fazendo-a chegar aos dispositivos que desta necessita através de portas de saída de energia específicas para cada voltagem ou dispositivo. Neste tipo de versão terá de ser o combatente a desligar e ligar cada dispositivo conforme as suas necessidades. (Marques, Gestão de Energia, 2013d; Ribeiro, 2011, pp. 21,22,81)

Numa versão mais avançada o dispositivo de gestão poderá ter portas de entrada não específicas, que aceitam qualquer voltagem, depois gere internamente a energia e encaminha-a para as portas de saída, que também elas poderão não ser específicas, reconhecendo as necessidades do dispositivo a elas ligado, fornecendo-lhe apenas o que este necessita. Podendo ainda ligar e desligar ou colocar em *standby* os dispositivos a si ligados conforme a necessidade ou a criticidade dos mesmos perante a energia ainda disponível. Sendo esta última capacidade um dos requisitos do CEDS para os dispositivos de gestão de energia a incluir nos projetos de modernização do soldado. (Ibidem)

Na versão mais avançada o dispositivo poderá inclusive ser "inteligente" e através da inteligência artificial que lhe é implementada poderá, para além do que foi descrito anteriormente, aprender e adaptar-se a cada combatente individualmente. Para além disso,

num sistema totalmente integrado, poderá fazer automaticamente a gestão da energia reconhecendo o tipo de cenário, operação ou intensidade em que se encontra, através das informações fornecidas ao soldado pelo escalão superior, ligando, desligando ou colocando em *standby* os dispositivos menos adequados para a situação ou, tendo em conta a energia ainda disponível, disponibilizando apenas os sistemas fulcrais para a situação. Podendo ainda aprender que um determinado soldado, em específico, naquela situação, específica, não acha necessário ligar ou desligar um determinado dispositivo mantendo-o ligado ou desligado, o gestor de energia passará a proceder sempre dessa forma para esse determinado soldado mas para outro o sistema manterá a atuação que se encontra definida para aquele tipo de situação segundo as indicações dadas superiormente, como referido anteriormente. (Marques, Gestão de Energia, 2013d; Ribeiro, 2011, pp. 21,22,81; Committee of Soldier Power/Energy Systems, National Research Council, 2004)

## Capítulo 4

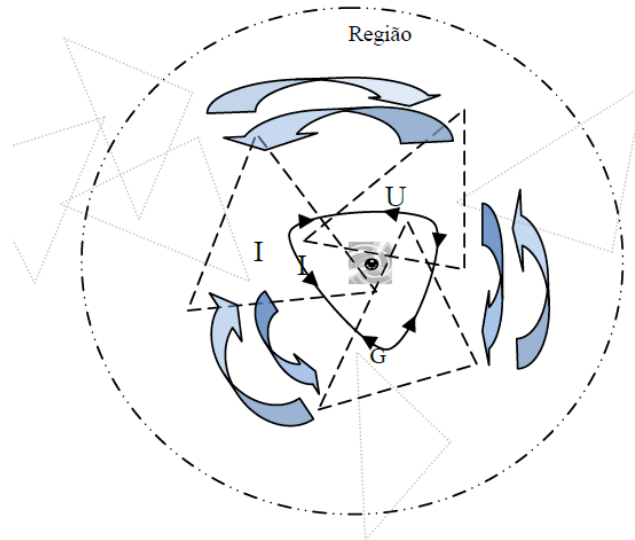
### O Projeto MEP

#### Nota introdutória

Neste capítulo pretende-se dar a conhecer o projeto que tem por objetivo, da mesma forma que os falados anteriormente no Capítulo 2 – Projetos de Modernização de Combatente, modernizar o combatente e atribuir-lhe capacidades de autossustentação a nível energético. No entanto, este projeto está a ser desenvolvido através da cooperação entre a empresa, nacional, ALMADESIGN, o Exército Português, mais especificamente através da EPI e o INEGI em cooperação com a empresa TEKEVER, também ela nacional. (Escola Prática de Infantaria, 2012)

A EPI tem proporcionado meios humanos para o teste dos dispositivos, assim como locais próprios para o efeito, mas também *feedbacks* para o melhoramento destes.

A colaboração estabelecida entre estes três tipos de entidades, nomeadamente, uma instituição universitária, INEGI, empresa(s) privada(s), ALMADESIGN e TEKEVER, e o Estado, neste caso, materializado pela EPI em representação do Exército Português, culmina no conceito conhecido como *Triple Hélix*. Este tipo de parceria tem como objetivo, segundo Auxiliar (2010), “A “missão” de “capitalização do conhecimento”, que permite a cada uma das esferas atingir objectivos próprios (financiamento, desenvolvimento, competitividade), constitui também um factor de aproximação das três esferas, em termos de funções e objectivos, originando um “espaço” central de cooperação e discussão voluntárias, onde ocorre um processo de partilha de informação mútua.”. Apresentando o seguinte esquema conceptual, como pode ser visto a baixo, na Figura 12 (Esquema conceptual Triple Hélix). Na qual a letra “I” significa Indústria, a letra “U”, Universidade e a letra “G”, Governo.



**Figura 12 (Esquema conceitual Triple Hélix)**

Fonte: (Auxiliar, 2010)

Desta forma, o projeto MEP constitui-se como um exemplo de colaboração inserido no conceito da *Triple Hélix*, pelas razões referidas anteriormente e seus intervenientes, podendo ser interpretado no esquema conceptual como sendo o ponto central e a ligação entre as três entidades.

#### **4.1. MEP (Módulos de Energia Portátil)**

O MEP é um projeto inovador em Portugal, no que diz respeito à micro geração de energia, iniciado em fevereiro de 2011, cujo financiamento é assegurado pelo QREN<sup>30</sup> e está a ser desenvolvido por entidades nacionais, nomeadamente, a empresa Alma Design, o INEGI e a empresa TEKEVER. Este projeto faz uso do rádio WAC, também ele desenvolvido pela empresa TEKEVER aquando da participação de Portugal, como um dos membros iniciadores, no projeto de desenvolvimento e modernização do combatente da EDA, o projeto Team 21<sup>st</sup> Century Soldier System. (Marques, MEP, 2013e; Escola Prática de Infantaria, 2012)

<sup>30</sup> QREN – Quadro de Referência Estratégico Nacional



Figura 13 (Logotipo dos intervenientes no projeto MEP)

O rádio WAC foi utilizado e melhorado depois nalguns projetos europeus pelo que, para além das suas capacidades e função principal como rádio, já fazia a gestão da energia dos dispositivos que lhe eram ligados, ainda que de uma forma não completamente eficiente. (Marques, MEP, 2013e)

Os objetivos do projeto onde se encontrava inserido este rádio, bem como todos os outros projetos ligados à modernização do soldado (para além de outras características necessárias) assentavam essencialmente em dois aspetos: a redução do peso a ser transportado pelo combatente, através de uma melhor gestão da energia e o aumento da autonomia, evitando desta forma o transporte redundante de baterias extras, que iriam aumentar o peso e o volume à carga do soldado. (Marques, MEP, 2013e; Escola Prática de Infantaria, 2012)

No entanto, a abordagem ao projeto feito pela TEKEVER, não foi propriamente o alcançar de uma melhor solução ou uma melhoria para o seu dispositivo mas sim efetuar um estudo da arte relativamente ao que já existia no projeto AHEAD, verificar necessidades e, tendo em conta aquilo que já dispunham, verificar o enquadramento do seu dispositivo neste mesmo projeto, que na realidade se adequava perfeitamente ainda que num estado embrionário. Desta forma, poderiam, mais tarde, desenvolver e contribuir com algo mais específico e mais eficiente, se fosse o caso. (Marques, MEP, 2013e)

Nesta fase, a intenção e o objetivo da empresa na participação no projeto AHEAD com este dispositivo assentava essencialmente na aquisição de conhecimento e experiência. Finda esta participação e adquirido mais algum conhecimento surge a intenção de efetuarem o seu próprio projeto de modernização do combatente no que concerne às questões energéticas, nomeadamente, a geração, o armazenamento e a gestão da energia para os dispositivos transportados pelo combatente, neste caso, do Exército Português, utilizando na vertente do armazenamento e da gestão o dispositivo que já dispunham, o rádio WAC. (Marques, MEP, 2013e)

Iniciado o projeto MEP existia a necessidade de consolidar os conhecimentos já obtidos anteriormente e efetuar uma análise aprofundada do estado da arte relativamente às questões específicas da micro geração de energia e de *harvesting*<sup>31</sup>. Existiam, ainda, requisitos que necessitavam ser verificados e estudados para que este fizesse sentido e sobre tudo fosse adequado à realidade do Exército Português. (Marques, MEP, 2013e; Bernardino, 2013; Escola Prática de Infantaria, 2012)

Desta forma, era necessário um contacto contínuo e privilegiado com o equipamento e uma entidade onde pudessem ser efetuados os estudos e os testes do mesmo, disponibilizando-se a EPI para o efeito. (Marques, MEP, 2013e; Bernardino, 2013; Escola Prática de Infantaria, 2012)

O primeiro passo foi efetuar o levantamento das necessidades energéticas relativamente aos dispositivos já existentes no Exército, desde rádios de comunicação, aparelhos óticos a miras óticas, para que os estudos e o desenvolvimento das soluções energéticas pudessem alimentar, no mínimo, o que já existe em uso. (Marques, MEP, 2013e)

Apuradas as necessidades, foram encontrados os produtos a serem desenvolvidos, sendo eles um micro gerador (visível no Anexo B – Micro gerador MEP), um rádio com capacidade de gestão de energia (o WAC, visível no Anexo C – Testes Balísticos), um painel solar dobrável e possivelmente um dorsal agregador destes quatro componentes. Foram construídos *mock ups*<sup>32</sup> em tamanho real. No entanto, e uma vez que o WAC tinha sido desenvolvido inicialmente para o projeto AHEAD e não para este tipo de uso nem modo ou local de transporte, houve a necessidade de melhorar a questão ergonómica deste e redesenhá-lo, ficando a cargo da empresa Alma Design o seu melhoramento. Surgindo as opções que se podem ver em anexo, Anexo D – Testes de Transporte dos *mock ups*. (Marques, MEP, 2013e; Escola Prática de Infantaria, 2012)

Foi pedido à EPI uma secção de militares para que estes efetuassem um treino com o equipamento, visível no Anexo E – Treino em Áreas Edificadas com *mock ups*. O local escolhido para o treino foi o CFTCAE<sup>33</sup>, pertencente à EPI. Para o teste foi pedido aos militares que transportassem consigo os *mock ups* em diversos locais e de diferentes formas, e os testassem a fim de encontrar o melhor local para a sua colocação, local este que não colocasse em causa a mobilidade nem o desempenho do combatente tendo em

---

<sup>31</sup> Ver 3.1.2 na pág. 27.

<sup>32</sup> Mock up – protótipos não operáveis para testar ergonomia e transportabilidade

<sup>33</sup> CFTCAE – Centro de Formação e Treino de Combate em Áreas Edificadas

---

conta o esforço e os obstáculos a ultrapassar, fornecendo posteriormente os devidos *feedbacks* relativamente ao melhor local de transporte e posição do mesmo. Foram efetuados diversos treinos no CFTCAE, desde entrada em compartimentos, tanto por pisos inferiores como por pisos superiores, deslocamentos nos túneis, entre outras ações desenvolvidas normalmente durante o combate em áreas edificadas em ambientes táticos de baixa, média e alta intensidade, com a missão de concretizar diversas tarefas críticas e ações específicas. (Marques, MEP, 2013e; Escola Prática de Infantaria, 2012)

Questionados os militares participantes no teste, o resultado obteve-se, após a análise dos depoimentos dos mesmos, através de uma matriz de decisão criada para o efeito que indicou que o transporte do *mock up* do WAC seria mais benéfico se transportado nas costas, numa zona superior e central, próximo das omoplatas, e invertido. De preferência com a possibilidade de ser operado através de um dispositivo colocado no braço. Como é possível visualizar no Anexo F – Opções de transporte do WAC sugeridas e escolhida efetuada. O micro gerador, de pequenas dimensões e já com alguma preocupação a nível de ergonomia, pretende alcançar uma potência máxima de 60W e garantir 30 minutos de autonomia, o que representa uma relevante melhoria relativamente ao que existe no mercado atualmente, e será transportado na região lombar.

Para além do micro gerador o projeto contemplava a possibilidade de ser introduzida uma micro turbina, no entanto, esta foi abandonada uma vez que atinge elevadas temperaturas no exterior, na ordem dos 650°C<sup>34</sup> aos 800°C, o que seria uma ameaça para a integridade física do combatente. Assim, como a possibilidade de deteção através de camaras térmicas às mais longas distâncias. A micro turbina iria permitir uma geração elétrica bastante superior às necessidades. Apesar de o micro gerador produzir uma quantidade de energia mais baixa, para a mesma necessidade, tem a vantagem de ser mais seguro e garantir mais autonomia, uma vez que consome muito menos combustível que a micro turbina. (Ibidem)

Foi ponderada também a introdução de uma *flywheel*<sup>35</sup>, esta gera mais potência, no entanto, uma vez que roda a grandes velocidades existe a possibilidade de criar um binário relativamente forte, tornando-se desconfortável e podendo nalgumas situações desequilibrar o combatente. Outra das desvantagens e a principal razão para o seu abandono foi a questão do peso versus a energia produzida. A energia produzida é alta e eficiente mas não era compensatória relativamente ao elevado peso que implicava. De

---

<sup>34</sup> °C – Graus Centígrados

<sup>35</sup> Ver 3.2.1 pág. 32

---

forma a reduzir o peso ao máximo, foi calculado que a *flywheel* a utilizar teria de girar a 480.000 rpm, o que provocaria uma grande força no combatente que a transportasse. (Marques, MEP, 2013e; TEKEVER ADS, 2012; Ribeiro, 2011, p. 45)

Posteriormente houve a necessidade de ser efetuado um novo teste já com os modelos, utilizados anteriormente, modificados e corrigidos segundo os padrões e requisitos recolhidos no teste anterior, evoluindo o rádio WAC para WAC-NXT, modelo este melhorado a nível de ergonomia, resistência, comunicações e gestão de energia. Ambos os testes contribuíram significativamente para o desenvolvimento do projeto. (Marques, MEP, 2013e)

Relativamente ao *harvesting*<sup>36</sup> foram experimentados um gerador *piezo*-elétrico<sup>37</sup> a ser colocado na sola da bota, um painel solar com a possibilidade de ser dobrado e desdobrado, que possibilite o seu transporte como se fosse uma carta topográfica, no bolso ou no interior do colete tático, com capacidades de recarregar diferentes dispositivos através de indução e um gerador cinético de rotação, gerador este que apresenta um funcionamento semelhante a um dínamo, como os usados nas rodas das bicicletas, mas sendo este rodado pelo combatente através de uma manivela. Nesta vertente também foram encontrados alguns problemas e desvantagens. O sistema de colocação do *piezo*-elétrico na sola da bota mostrou-se indesejado uma vez que incomodava o soldado mesmo naquele tipo de operações, combate em áreas edificadas, onde não se prevê grande movimentação a nível de distâncias, desta forma poderia ser muito prejudicial durante uma longa caminhada, além de que a energia produzida por este dispositivo é bastante reduzida, como ficou exposto no ponto *Piezo*-elétricos do Capítulo 3, o que é algo de insignificante relativamente às necessidades apresentadas. Tendo ainda a desvantagem de que seria necessário o soldado caminhar vários quilómetros, o que hoje em dia, normalmente, não sucede uma vez que existem viaturas de apoio, para que a energia produzida tivesse alguma relevância, ainda que pequena. O painel solar desdobrável é uma solução interessante, ainda que a energia gerada por este não seja muito elevada. Isto deve-se ao facto deste ter dimensões reduzidas para que possa ser facilmente transportado e arrumado mas principalmente por ser desdobrável, uma vez que as células fotovoltaicas rígidas têm prestações muito superiores, aproximadamente três vezes superiores. (Marques, MEP, 2013e; Ribeiro, 2011, pp. 21,42,43)

---

<sup>36</sup> Ver 3.1.2 pág. 27

<sup>37</sup> Ver pág. 28 a 30

Outro dos problemas relativos aos painéis solares, rígidos ou não, passa pela questão da sua operabilidade em missão, uma vez que muitas destas são desencadeadas de noite ou, então, a necessidade de encaixar os períodos de uso em momentos diurnos, assim como a produção de reflexos que podem levar à deteção da força, no entanto, esta opção não está de todo colocada de lado, uma vez que é uma excelente opção para recarregar dispositivos de sinalização de baixo consumo numa situação de emergência em que o combatente poderá ter a necessidade de se fazer sinalizar através de um aparelho de localização por GPS, por exemplo, para ser recuperado de uma qualquer parte remota do TO. (Marques, MEP, 2013e)

Com o decorrer do tempo e dos testes todos os dispositivos têm vindo a ser melhorados nas várias dimensões, como a eficiência, a ergonomia, o peso mas também foi sugerido ao grupo de desenvolvimento do MEP a possibilidade deste ter alguma proteção balística, tendo já sido feitos alguns testes na carreira de tiro da EPI, com disparos aos 50 e 100 metros, como se podem ver os efeitos dos testes no Anexo C – Testes Balísticos. Uma vez que esta capacidade não é relevante para o presente trabalho não será aprofundada. (Marques, MEP, 2013e; Bernardino, 2013)

Segundo o Engenheiro Tiago Marques da empresa TEKEVER, membro fundamental no desenvolvimento do MEP, em entrevista exploratória, refere que este projeto, apesar de todos os avanços alcançados e testes realizados, tem como principal objetivo o conhecer das necessidades e dotar os membros pertencentes ao grupo de desenvolvimento do MEP com os conhecimentos necessários nesta área. Sendo que o próximo passo será no sentido de um futuro projeto, MEP2, e que este, já com os conhecimentos adquiridos, poderá ser um projeto mais desenvolvido e para implementação real a nível operacional. Contemplando também um WAC melhorado e mais avançado, o WAC2, mantendo as capacidades de comunicação, mais eficiente na gestão de energia e dos dispositivos ligados a este e com uma nova função, a capacidade de desligar estes mesmos dispositivos conforme a sua necessidade e criticidade, ou seja, salvaguardando a energia restante, quando esta se está a acabar, para o funcionamento dos dispositivos considerados fundamentais e críticos para a missão. (Marques, MEP, 2013e)

A nível de projeção e divulgação o projeto MEP tem estado presente com os seus diversos dispositivos em vários eventos com a EPI, com a Academia Militar e outros eventos e exercícios do Exército. (Marques, MEP, 2013e; Bernardino, 2013)

## Capítulo 5

### Conclusões e Recomendações

#### Nota Introdutória

O presente trabalho tem por objetivo analisar as soluções energéticas a nível de geração, armazenamento e gestão de energia nas suas mais diversas formas. Assim sendo, partiu-se do geral até ao particular, onde foram apresentados, inicialmente, os projetos de modernização do soldado, integrados na atual temática do “Soldado do Futuro”, sendo apresentados diversos projetos uma vez que são estes projetos que requerem e dão ou irão dar uso às soluções energéticas, acabando também por serem os impulsionadores destas pesquisas. Não foram apresentados todos os projetos por razões de tempo e espaço relativamente ao presente trabalho mas foram selecionados os mais importantes e que permitem melhor aferir o projeto português. De seguida foram apresentadas as tecnologias existentes ou em desenvolvimento que permitem fornecer a energia necessária para todos estes projetos de modernização com os mais diversos aparelhos eletrónicos.

Por fim, foi analisado em particular o projeto nacional de modernização do combatente, MEP, no qual é mostrado e dado a conhecer, bem como as soluções energéticas escolhidas e o porquê da escolha.

Deste modo, ao longo deste capítulo serão verificadas inicialmente as hipóteses de investigação, para posteriormente procurar-se dar resposta às questões de investigação. Por fim, serão apresentadas as limitações encontradas durante o decorrer da investigação e da realização do trabalho, bem como algumas recomendações e propostas de investigação futuras.

### 5.1. Verificação das Hipóteses de Investigação

A hipótese **H1** “Qualquer dispositivo poderá ser recarregado, desde que lhe seja adaptado um dos sistemas estudados para esse fim” não se confirma na sua totalidade. Após a análise efetuada ao longo do desenvolvimento do trabalho verificou-se que os dispositivos podem ser recarregados ou, inclusive, alimentados diretamente em tempo real e efetivamente necessitam de uma adaptação do sistema a si, podendo qualquer sistema adaptado ao dispositivo, no entanto, aqui se encontra a falha, nem todos os sistemas têm a capacidades de alimentar todos os dispositivos. Existem sistemas, que devido às suas limitações de construção ou devido à própria natureza dos seus componentes não geram a energia mínima necessária para permitir a operabilidade de determinados dispositivos transportados pelo combatente, sendo um bom exemplo, o sistema *piezo-elétrico*<sup>38</sup>. Mas estes sistemas não se encontram de forma alguma excluídos, uma que quando utilizados em combinação com outros podem ser uma mais-valia.

Relativamente à hipótese **H2** “Existem dispositivos que podem ser utilizados enquanto são alimentados diretamente” confirma-se.

Qualquer dispositivo, desde que conectado diretamente ao sistema de geração de energia ou ao dispositivo de gestão de energia, é alimentado, no entanto, existem duas questões que requerem ser salvaguardadas. A primeira questão prende-se com a geração contínua de energia do sistema em questão, uma vez que nem todos os sistemas de geração produzem energia de forma continuada, o que levaria à interrupção do funcionamento do dispositivo. A segunda questão relaciona-se com a mobilidade. Para que um dispositivo esteja a ser alimentado diretamente existe a necessidade de este ser conectado ao sistema de geração de energia ou ao de gestão de energia, o que em alguns dispositivos não traz qualquer problema uma vez que se encontra junto ao corpo do combatente, no entanto, dispositivos mais externos, como uma mira térmica colocada na arma, por exemplo, nesta situação afetaria a mobilidade do combatente, uma vez que teria de passar um fio ou um cabo que transporte a energia para esta.

A hipótese **H3** “A energia gerada terá capacidade para recarregar os principais dispositivos que fazem parte, organicamente, do equipamento do combatente” foi confirmada. Aquilo que foi visto na revisão de literatura, tanto nos projetos de

---

<sup>38</sup> Ver pág. 28 a 30

---

modernização do combatente como nas soluções energéticas, bem como no projeto MEP mostra que os sistemas de geração de energia têm capacidade para recarregar os principais dispositivos, como GPS, telemóvel, rádio e miras eletrónicas. No entanto, alguns sistemas por si só não têm capacidade de o fazer, como os sistemas de geração de energia através do uso de *piezo*-elétricos, mas quando conjugados entre si apresentam-se como soluções fiáveis e eficazes. Esta geração de energia e recarregamento torna-se mais eficaz e é potenciado quando integrado num sistema de gestão de energia, que quanto mais avançado for mais eficiente e eficaz se tornará todo o sistema e a alimentação dos dispositivos orgânicos, assim como os atribuídos ao combatente em situações especiais, estará assegurada.

Por fim, a hipótese **H4 “A introdução destes dispositivos permitem mais-valias significativas ao nível da autonomia, dependência, proficiência e capacidades logísticas do combatente no moderno campo de batalha”** confirma-se.

No Capítulo 2 – Projetos de Modernização do Combatente, ficou patente a evolução do combatente na direção do incremento das necessidades energéticas deste, sendo também aumentado o número e as capacidades dos dispositivos eletrónicos que este transporta consigo. Ficou ainda demonstrado que uma significativa parte do peso carregado pelo combatente se deve às baterias transportadas por este para alimentar todos os dispositivos que possui mais as baterias de reserva. Com a vasta gama de sistemas de geração e gestão de energia analisados e não analisados estão explícitas as mais-valias para o combatente, sendo a sua autonomia aumentada em grande escala, ficando assim muito menos dependente logisticamente do canal no que concerne ao fornecimento de novas baterias ou ao recarregamento das mesmas, a sua proficiência aumenta no sentido em que transporta menos baterias e ao ser-lhe reduzido o peso e necessariamente o cansaço relativo a este, as suas capacidades e a sua desenvoltura aumenta.

## 5.2. Resposta às Questões Derivadas

Respondendo à questão **QD1 “Que dispositivos poderão ser recarregados? Que sistemas existem em estudo que possibilitem esse carregamento?”**, todos os dispositivos podem ser recarregados, tendo em conta que o desenvolvimento dos sistemas de geração de energia se encaminham, normalmente, para o uso combinado de opções e integrados num sistema principal de gestão de energia, o volume final de energia irá

---

permitir o recarregamento de qualquer dispositivo, mitigando as poucas capacidades de geração imediata de energia que alguns dispositivos possam ter. Relativamente à segunda parte da questão, os sistemas em estudo são os apresentados e possíveis estudos ainda não divulgados, isto porque todas estas tecnologias ainda se encontram em desenvolvimento e o grau de maturação delas ainda não é o ótimo e mesmo os sistemas já implementados padecem sempre de futuros melhoramentos, sendo uma pesquisa e um desenvolvimento contínuo.

Em resposta à questão **QD2 “Qual a possibilidade de alimentação em tempo real?”**, a alimentação em tempo real é possível, no entanto, existe a necessidade de enquadrar os termos em que pergunta nos coloca e enquadrar a resposta a esta. Um dispositivo ao estar em funcionamento tem que estar a ser alimentado em tempo pela sua bateria, se não, não funciona. Se a interpretação da pergunta for direcionada para a possibilidade dos sistemas de geração de energia alimentarem os dispositivos em tempo real, sim, é possível, no entanto, é necessário distinguir os sistemas, porque se a alimentação for através do dispositivo de gestão de energia, basicamente, a sua alimentação está a ser feita como estaria pela sua bateria interna mas a partir de um dispositivo externo através de uma ligação com um cabo, o que traz algum condicionamento a nível de mobilidade ao combatente, se a energia estiver a ser fornecida diretamente a partir de um sistema de geração de energia é necessário ter em atenção as suas características, ou seja, se este tem capacidade para alimentar diretamente o dispositivo e se a sua geração é de cariz contínuo, caso não o seja, o dispositivo não funcionará ou funcionará de forma intermitente.

Perante a questão **QD3 “Que mais-valias traz para o combatente a introdução deste sistema?”**, a resposta é que as mais-valias trazidas para o combatente são todas, uma vez que lhe é reduzido o peso, por transportar menos baterias, as suas dependências logísticas diminuem substancialmente porque este poderá operar durante um período de tempo muito mais alargado, não necessitando do reabastecimento do canal durante mais tempo, dependendo do sistema de geração e gestão de energia que possui, da mesma forma que a sua autossustentabilidade traz estas vantagens para si mas também para o cumprimento da missão, uma vez que o combatente estará quase sempre apto a operar no que concerne à questão energética.

Relativamente à questão **QD4 “Qual o benefício custo-eficácia da introdução deste sistema no Exército Português?”** é uma interrogação algo complexa, pela simples razão de que o benefício e a eficácia destes sistemas são grandes e o seu uso aumenta

significativamente as possibilidades do combatente, tal como se pode ver ao longo de todo o trabalho, mas também está patente nalguns pontos do trabalho os custos e o investimento necessário para a introdução destes sistemas, quer no Exército Português quer em qualquer outro exército, uma vez que os custos são elevadíssimos e requerem uma disponibilização de verba elevada que, não obstante da situação financeira mundial mas em especial de Portugal, se torna muito dificultadora da possibilidade de investimento requerido para a total introdução e operacionalização destes sistemas.

Analisando o custo do projeto MEP e comparando com o custo de outros projetos, a relação custo-eficácia é promissora mas é necessário ter em mente que os outros projetos cobrem muito mais áreas, capacidades e dispositivos.

### 5.3. Resposta à Questão Central

Respondendo então à questão central do presente trabalho, **“Que mais-valias permite a utilização de sistemas de micro geradores de energia portáteis que o combatente poderá utilizar no moderno campo de batalha?”**, conclui-se que a utilização de sistemas de micro geração de energia é efetivamente benéfica para o combatente, contribuindo também, desta forma, para o cumprimento da missão. No entanto, existem questões técnicas relacionadas com as necessidades dos dispositivos, a serem sustentados energeticamente pelos sistemas de geração de energia, e com as capacidades dos mesmos sistemas, requerendo um levantamento pormenorizado destas questões para o que o resultado final corresponda efetivamente ao pretendido e não coloque em causa a operacionalidade do combatente.

Conclui-se ainda que, qualquer que seja o dispositivo ou conjunto de dispositivos a serem utilizados num projeto de modernização do combatente implica custos elevadíssimos de pesquisa, produção e implementação, o que poderá levar a uma aceitação baixa deste tipo de soluções. No entanto, e fruto da investigação realizada e vertido no trabalho, está patente que estes sistemas são o futuro, em alguns países já uma realidade, e mais cedo ou mais tarde a sua implementação acontecerá.

### 5.4. Limitações à Investigação

Uma das maiores limitações prende-se com o facto de este tipo de trabalho impor essencialmente uma análise documental o que, devido ao conteúdo do tema, impõe restrições no pormenor fornecido nos documentos, uma vez que, grande parte dos projetos e das tecnologias são muito recentes ou ainda se encontram em desenvolvimento, possuindo estas características e capacidades reservadas, muitas delas, sendo fonte de rendimento das empresas, não são divulgadas.

Outra das limitações encontradas para a realização do trabalho foi a limitação do número de páginas, o que impediu, independentemente da capacidade de síntese, uma redução no aprofundar das questões técnicas das soluções energéticas mas principalmente na apresentação de um maior número das mesmas, de um maior número de exemplos destas e da apresentação de mais projetos de modernização, não sendo estes últimos fulcrais para o trabalho, não se constitui como uma limitação tão importante como as anteriores.

Por fim, existe ainda a limitação a nível do tempo de exclusividade para a realização do trabalho. Porque se é certo que a sua realização não se deve restringir apenas a este período, é da mesma forma certo que durante o período relativo à componente Técnica e Tática da Arma, no que diz respeito à Arma de Infantaria, é de extrema dificuldade a realização do mesmo.

## **5.5. Propostas e Recomendações**

No seguimento do referido anteriormente, sugere-se que seja revisto o período dedicado à realização do trabalho.

Propõe-se ao Exército Português uma participação mais interventiva neste tipo de projetos com vista à futura aquisição de um sistema que permita melhorar as suas capacidades.

Propõe-se ainda a continuação da realização deste tipo de trabalhos, uma vez que, contribuem fortemente para a aquisição de capacidades de investigação individual, bem como para o conhecimento mais alargado e aprofundado do tema que é investigado, proporcionando, desta forma, a aquisição de conhecimentos importantes para o futuro.

## **5.6. Investigações Futuras**

Sugere-se como possível investigação futura o estudo aprofundado da relação do custo-eficácia do projeto MEP ou qualquer outro relacionado, não ao nível da AM mas sim do Ministério da Defesa Nacional (MDN) e entidades competentes, para que seja possível efetuar-se a modernização do combatente no Exército Português num prazo não demasiado alargado, na sequência do que vem a ser efetuado nos restantes exércitos.

Sugere-se ainda, e dentro do referido anteriormente, o acompanhar dos projetos externos e seus desenvolvimentos, para que sejam encontradas soluções que satisfaçam as necessidades nacionais.

## Referências Bibliográficas

- AMT Netherlands. (6 de Março de 2013). *High performance gas turbines*. Obtido de AMT Netherlands: <http://www.amtjets.com/>
- Army Technology. (12 de Março de 2013). *FIST - Future Infantry Soldier Technology, United Kingdom*. Obtido de Army Technology: <http://www.army-technology.com/projects/fist/>
- Auxiliar, M. (Fevereiro de 2010). *O Modelo TRIPLE HELIX*. Coimbra: Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra.
- Baddeley, A. (Setembro de 2011). Soldier Modernisation Programme. *Military Technology*.
- Baddeley, A. (Setembro de 2012). "Future" Soldier Systems. *Military Technology*.
- Barraco, L., & Dechoux, J. (Setembro de 2009). Evaluating the 2009 FELIN Trials. *Military Technology*.
- Ben-Tronics, Inc. (20 de Março de 2013). Obtido de Bren-Tronics, In: <http://www.bren-tronics.com/btp-70822-3g.html>
- Bernardino, L. (7 de Março de 2013). Projeto MEP. (B. Morgado, Entrevistador)
- Committee of Soldier Power/Energy Systems, National Research Council. (2004). *Meeting the Energy Needs of Future Warriors*. Washington D. C.: National Academy of Sciences.
- Defense Update. (12 de Março de 2013). *Future Integrated Soldier Technology*. Obtido de Defense Update.
- Dias, M. (24 de Maio de 2013). Projetos de Modernização do Soldado. (B. Morgado, Entrevistador)
- Escola Prática de Infantaria. (18 de Junho de 2012). PROJECTO MEP - Módulos para Energy harvesting e geração de energia portáteis. *Azimuth*.
- European Agency of Defence. (2012). *Programme Arrangement No B-1143-GEM 1-GP*. EDA.
- Future Combat Systems*. (6 de Março de 2013). Obtido de GlobalSecurity.org: <http://www.globalsecurity.org/military/systems/ground/fcs.htm>

- 
- How Stuff Works. (1 de Abril de 2013). *How Fuel Cells Work*. Obtido de How Stuff Works: <http://auto.howstuffworks.com/fuel-efficiency/alternative-fuels/fuel-cell.htm>
- HOWELLS, C. A. (2008). *Piezoelectric Energy for Soldier Systems*. Orlando, Florida: 26th Army Science Conference.
- HOWELLS, C. A. (2008b). *PIEZOELECTRIC ENERGY FOR SOLDIER SYSTEMS*. Belvoir: US Army CERDEC C2D.
- Kaajakari, V. (2009). Shoe Power. *Shoe Power*. Louisiana Tech University.
- Kaajakari, V. (25 de Março de 2013). *Microstructured Piezoelectric Shoe Power Generator Outperforms Batteries*. Obtido de MEMS Journal: <http://www.memsjournal.com/2010/04/microstructured-piezoelectric-shoe-power-generator-outperforms-batteries.html>
- Kaajakari, V. (25 de Março de 2013). *Ville Kaajakari's research pages - Shoe power*. Obtido de Ville Kaajakari: <http://www.kaajakari.net/~ville/research/research3.shtml>
- Kaesar, H. U., Cordesman, A. H., & Burke, A. A. (2009). *THE FUTURE COMBAT SYSTEM*. Centre For Strategic & International Studies. Washington DC: CSIS.
- Kiaerskou, P. (Setembro de 2007). Military Technology. *The Danish Approach to a Soldier Modernisation Programme*.
- LinkedIn. (25 de Março de 2013). *Ville Kaajakari - Principal Scientist at Murata Electronics*. Obtido de LinkedIn: <http://www.linkedin.com/pub/ville-kaajakari/3/849/a2b>
- Louisiana Tech University. (25 de Março de 2013). *Faculty and Staff*. Obtido de Department of Physics: <http://www.phys.latech.edu/people>
- Marques, T. (6 de Março de 2013a). Projeto MEP. (Morgado, Entrevistador)
- Marques, T. (20 de Março de 2013b). Paineis Solares. (B. Morgado, Entrevistador)
- Marques, T. (27 de Março de 2013c). Flywheel. (B. Morgado, Entrevistador)
- Marques, T. (3 de Abril de 2013d). Gestão de Energia. (B. Morgado, Entrevistador)
- Marques, T. (10 de Abril de 2013e). MEP. (B. Morgado, Entrevistador)
- Military Technology. (Setembro de 2007). A British FIST. *Military Technology*.
- Military Technology. (Agosto de 2010). FELIN System Approaches Operational Status. *Military Technology*.
- Norton, D. G., Voit, K. W., Bruggemann, T., Vlachos, D. G., & Wetzel, E. D. (2004). *Portable Power Generation Via Integrated Catalytic Microcombustion-Thermoelectric Devices*. Orlando, Florida: University of Delaware.
-

- 
- Piezo Systems, Inc. (2011). *PIEZOELECTRIC ENERGY HARVESTING KIT*. Obtido de  
PIEZO ENERGY HARVESTER:  
<http://piezo.com/catalog8.pdf%20files/Cat8.20&21.pdf>
- Power Film Solar. (20 de Março de 2013). *Fordable Solar Panels*. Obtido de Power Film  
Solar:  
[http://www.powerfilmsolar.com/products/?foldable\\_solar\\_panels&show=category  
&productCategoryID=6579&productCategoryIDs=6578,6579](http://www.powerfilmsolar.com/products/?foldable_solar_panels&show=category&productCategoryID=6579&productCategoryIDs=6578,6579)
- Quivy, R., & Campenhoudt, L. V. (2008). *Manual de Investigação em Ciências Sociais* (5ª  
Edição ed.). Lisboa: gradiva.
- Rampling, C. (Setembro de 2009). A British FIST. *Military Technology*.
- Research and Technology Organisation. (2011). *Joint Operations 2030 - Final Report*.  
Bruxelas: RTO/NATO.
- Ribeiro, J. (2011). *MEP Project - Preliminary Studies*. Lisboa.
- Saft. (27 de Março de 2013). Obtido de Saft | World leader in high technology batteries:  
[www.saftbatteries.com](http://www.saftbatteries.com)
- SFC ENERGY. (1 de Abril de 2013). Obtido de SFC ENERGY: <http://www.sfc.com/en>
- Soldier Systems. (12 de Março de 2013). *Brits Reveal FIST*. Obtido de Soldier Systems:  
<http://soldiersystems.net/tag/fist/>
- SoldierMod. (Junho de 2009a). EDA: Soldier Modernisation Perspectives on 2015.  
*SoldierMod, 2*.
- SoldierMod. (Junho de 2009b). FELIN moves to complete. *SoldierMod, 2*.
- SoldierMod. (Junho de 2009c). Canada's ISSP Plans. *SoldierMod, 2*.
- SoldierMod. (Janeiro de 2009d). UK's Future Soldier System gets defined? *SoldierMod, 2*.
- SoldierMod. (Janeiro de 2009e). PIBS: Slovakia tests. *SoldierMod, 2*.
- SoldierMod. (Junho de 2009f). Slovakia selects new industrial partner for PIBS.  
*SoldierMod, 2*.
- SoldierMod. (Inverno/Primavera de 2010a). PIBS Comes to a Halt. *SoldierMod, 6*.
- SoldierMod. (Inverno/Primavera de 2010b). Training, Training, Training. *SoldierMod, 4*.
- SoldierMod. (Verão/Outono de 2011). EDA: Soldiers On. *SoldierMod, 7*.
- SoldierMod. (Verão/Outono de 2011b). FIST Delivers. *SoldierMod, 7*.
- TEKEVER ADS. (30 de Abril de 2012). Flywheel Energy Storage. *Flywheel Energy  
Storage*. Lisboa: TEKEVER ADS.
- University of California, Irvine. (1 de Abril de 2013). *What is a Fuel Cell and How Does It  
Work*. Obtido de National Fuel Cell Research Center:
-

[http://www.nfcr.uci.edu/2/FUEL\\_CELL\\_INFORMATION/FCexplained/FC\\_howItWorks.aspx](http://www.nfcr.uci.edu/2/FUEL_CELL_INFORMATION/FCexplained/FC_howItWorks.aspx)

**Anexo A: Gestor de energia WAC e previsão de sucessor (WAC 2)**



**Anexo B: Micro gerador MEP**



**Anexo C: Testes balísticos**

**ineqi** Instituto de Engenharia  
Mecânica e Gestão Industrial

motor de  
inovação

### 3. Placas Balísticas

Resultados dos testes balísticos



22 de Maio de 2012

U. PORTO 18

**Anexo D: Testes de transporte dos *mock ups***



**Anexo E: Treino em áreas edificadas com *mock ups***



## Anexo F: Opções de transporte do WAC sugeridas e escolha efetuada

### Contextual interviews results

WAC • Technical Specifications

1.



#### acoplado nas costas

- + compacto
- + proteção para as costas integrada
- + não restringe os movimentos
- exige 2 operadores

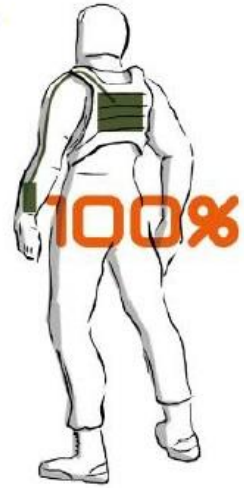
2.



#### acoplado à frente

- + compacto
- + necessita apenas de 1 utilizador
- restringe alguns movimentos
- reduz número de munições à frente

3.



#### separação dos componentes

- + compacto
- + proteção das costas integrada
- + necessita apenas de 1 utilizador
- restringe alguns movimentos
- aumenta número de equipamento
- implica cabeçagem na tábua

