

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC

CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

HENRIQUE PIAZZA LUCIANO

**APLICAÇÃO EXPERIMENTAL DE UM SIMULADOR DO EFEITO *SEEBECK* EM
TERMOPARES PARA *ANDROID***

CRICIÚMA

2015

HENRIQUE PIAZZA LUCIANO

**APLICAÇÃO EXPERIMENTAL DE UM SIMULADOR DO EFEITO *SEEBECK* EM
TERMOPARES PARA *ANDROID***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
para obtenção do grau de Bacharel no Curso
de Ciência da Computação da Universidade do
Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador: Prof. Esp. Sérgio Coral.

CRICIÚMA

2015

HENRIQUE PIAZZA LUCIANO

**APLICAÇÃO EXPERIMENTAL DE UM SIMULADOR DO EFEITO SEEBECK EM
TERMOPARES PARA *ANDROID***

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado
pela Banca Examinadora para obtenção do
Grau de Bacharel, no Curso de Ciência da
Computação da Universidade do Extremo Sul
Catarinense, UNESC.

Criciúma, 23 de junho de 2015

BANCA EXAMINADORA



Prof. Sérgio Coral – Especialista – Orientador - (UNESC)



Prof. Willian Bertan da Silva – Especialista – Orientador - (UNESC)



Prof. Gilberto Vieira da Silva – Especialista – Orientador - (UNESC)

**Aos meus pais, Paulo e Rosani, e à minha
irmã, Roberta, pelo estímulo e incentivo.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, porque sem ele não teria forças para chegar até aqui.

Agradeço aos meus pais Paulo e Rosani, por estarem sempre comigo, nos momentos mais alegres e difíceis. Por me proporcionarem tudo que tenho até hoje e o principal que é a família, o amor e o conhecimento.

Agradeço a minha irmã Roberta, pelo carinho e apoio.

Aos amigos de faculdade, que muitas vezes me ajudaram a tirar dúvidas do trabalho, que espero levar para a vida toda.

RESUMO

Empregando o efeito *seebeck*, geradores de potência termoelétricos podem converter em eletricidade o calor rejeitado em processos industriais. Aplicações típicas desta tecnologia incluem a geração de potência para pequenos equipamentos de telecomunicação, navegação e componentes de instalação de petróleo. As pastilhas de geração de potência são uma fonte de energia amigável ao meio ambiente, pois não dependem de combustíveis fósseis, nem radioisótopos e geram energia elétrica apenas com base em diferenças de temperatura, mesmo que sejam de poucas dezenas de graus Celsius. O objetivo do estudo foi desenvolver um aplicativo móvel capaz de simular o efeito *seebeck* em termopares. Ao realizar os testes no aplicativo, foi possível validar a facilidade em utilizar o sistema de forma rápida e descomplicada, como realmente deve ser o comportamento de um simulador para este fim. Verificou-se que o sistema abre uma grande gama de possibilidades para trabalhos futuros, tendo em vista que pode-se agregar ao sistema várias outras possibilidades de simulações que enquadram energia termoelétrica utilizando termopar. É possível incluir ao sistema o efeito *peutier*, que não foi implementado na aplicação experimental, assim como adicionar outras formas de simulação para o efeito *seebeck*.

Palavras-chave: Android. Simulação. Efeito Seebeck. Energia.

ABSTRACT

Employing the Seebeck effect thermoelectric power generators can convert heat into electricity discarded in industrial processes. Typical applications of this technology include power generation for small telecommunications equipment, navigation and oil installation components. The power generation pads are a source of energy friendly to the environment because it does not rely on fossil fuels, or radioisotopes and generate electricity only based on temperature differences, even if a few tens of degrees Celsius. The aim of the study was to develop a mobile application that can simulate the effect Seebeck thermocouple. To perform the tests in the application, it was possible to validate the ease in using the system in a quick and uncomplicated way, as it really should be the behavior of a simulator for this purpose. It was found that the system opens a wide range of possibilities for further work, considering that can be added to the system various other possibilities simulations that fall power using thermoelectric thermocouple. It is possible to add to the system the peutier effect, which was not implemented in the experimental implementation, as well as adding other forms of simulation for the Seebeck effect.

Keywords: Android. Simulation. Seebeck effect. Energy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Usina de Itaipu	17
Figura 2: Usina Termoelétrica	18
Figura 3: Central Nuclear de Angra dos Reis	19
Figura 4: Moinhos de energia eólica	21
Figura 5: Representação do termopar	24
Figura 6: Funcionamento do termopar	24
Figura 7: Associação de três termopares em série	25
Figura 8: Associação de três termopares em paralelo	26
Figura 9: Camadas do <i>software Android</i>	33
Figura 10: Compilação nas máquinas virtuais <i>Java</i> e <i>Dalvik</i>	36
Figura 11: Tela Principal	42
Figura 12: Código fonte do cálculo	42
Figura 13: Banco de dados	43
Figura 14: Inclusão do banco de dados na aplicação	44
Figura 15: Tela de cadastro	44
Figura 16: Código fonte do cadastro	45
Figura 17: Cadastro	45
Figura 18: Tela de Listagem dos Materiais	46
Figura 19: Exemplo de Procura de Materiais	46
Figura 20: Cálculo do efeito <i>seebeck</i>	47
Figura 21: Dispositivo móvel reconhecido no <i>Delphi XE5</i>	47
Figura 22: Ícone da aplicação no aparelho	48
Figura 23: Exemplo de seleção na lista	48
Figura 24: Exemplo de validação do aplicativo	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
API	<i>Application Program Interfaces</i>
APK	<i>Application Packages</i>
HP	<i>Hewlett-Packard</i>
kW	<i>Quilowatt</i> ou <i>kilowatt</i>
MPO	<i>Mobile Phone Organizer</i>
NDK	<i>Native Development Toolkit</i>
OHA	<i>Open Handset Alliance</i>
SDK	<i>Software Development Kit</i>
SOAP	<i>Simple Object Access Protocol</i>
TA	Tecnologia Assitiva
UDDI	<i>Universal Description Discovery and Integration</i>
WSDL	<i>Web Services Description Language</i>
W3C	<i>World Wide Web Consortium</i>
XML	<i>Extensible Markup Language</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVO GERAL	11
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
1.3 JUSTIFICATIVA	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 DEFINIÇÃO DE ENERGIA.....	14
2.1.1 Importância da energia	15
2.2 FORMAS DE OBTER ENERGIA.....	15
2.2.1 Energia hidrelétrica	16
2.2.1 Energia termelétrica	17
2.2.3 Energia nuclear	18
2.3 ALTERNATIVAS DE SE OBTER ENERGIA	19
2.3.1 Energia eólica	19
2.3.2 Energia solar fotovoltaica	21
2.4 TERMOELETRECIDADE	22
2.4.1 Desperdício de energia térmica	22
2.4.2 Termopares	23
2.4.2.1 Associação em termopares	24
2.4.2.1.1 Associação em série	25
2.4.2.1.2 Associação em paralelo	25
2.4.3 Aplicações termoelétricas	26
2.4.4 Efeitos termoelétricos	27
2.4.4.1 Efeito <i>seebeck</i>	27
3 SIMULAÇÃO	30
3.1 IMPORTÂNCIA DOS SIMULADORES.....	30
4 TECNOLOGIA	32
4.1 ANDROID.....	32
4.1.1 Arquitetura <i>Android</i>	32
4.1.1.1 Aplicações	33
4.1.1.2 <i>Framework Application</i>	34
4.1.1.3 Bibliotecas	35
4.1.1.4 <i>Android Runtime</i>	36
4.1.1.5 <i>Kernel Linux</i>	37

5 TRABALHOS CORRELATOS.....	38
5.1 COMPETITIVIDADE DA TERMOELETRICIDADE MOVIDA A GÁS NATURAL NO BRASIL	38
5.2 PROTÓTIPO DE UM MICROGERADOR TERMOELÉTRICO DE ESTADO SÓLIDO.....	40
5.3 ESTUDO DA VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO DO CALOR DE ESCAPE PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM AUTOMÓVEIS.....	40
6 DESENVOLVIMENTO DO SIMULADOR DE EFEITO <i>SEEBECK</i> EM TERMOPAR PARA <i>ANDROID</i>	41
6.1 METODOLOGIA.....	41
6.2 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	50
8 CONCLUSÃO	52
REFERÊNCIAS.....	53
APÊNDICE.....	53

1 INTRODUÇÃO

As formas de gerar energia que são responsáveis por abastecerem os países atualmente, em sua maioria utilizam combustíveis fósseis ou projetos de grande escala e complexidade, onde é gerado poluição e degradação ao meio ambiente. As formas alternativas de se obter energia estão sendo muito estudadas e colocadas em prática devido a envolverem menores custos e são em grande parte amigáveis ao meio ambiente.

Atualmente as formas alternativas de obtenção de energia ainda não são capazes de abastecer grandes empresas ou países, porém podem ser extremamente relevantes quando combinadas as formas já encontradas.

A simulação tem papel muito importante no desenvolvimento de estudos e pesquisas. A partir do momento que se obtém um simulador, ele se torna imprescindível para os estudos e testes de um determinado assunto.

O desenvolvimento deste trabalho tem como escopo a elaboração de um sistema móvel para plataforma *Android*, capaz de simular o efeito *seebeck* em termopares, onde possibilitará futuros estudos e pesquisas sobre este tema de maneira mais simples e eficaz, utilizando recursos disponíveis para simular as variáveis de entrada e saída, evitando assim ter que promover experiências e cálculos a cada vez que for preciso obter dados.

Dessa forma, neste estudo, apresenta-se as problemáticas da geração de energia limpa e a elaboração de um sistema móvel, voltado à simulação e o apoio à estudos do efeito *seebeck* em termopar.

1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um aplicativo móvel na plataforma *Android* para que, de forma acessível, usuários de dispositivos móveis possam realizar a simulação do efeito *seebeck* em termopares sem a necessidade de pesquisa e cálculos ao realizar os experimentos.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos aos quais se pretende atingir com a elaboração

do trabalho proposto são:

- a) pesquisar a importância da energia e suas problemáticas;
- b) compreender o conceito de termopares;
- c) estudar o efeito *seebeck* em termopares;
- d) entender de que forma é realizado os cálculos para a simulação de geração de energia do efeito *seebeck* em termopares;
- e) desenvolver uma aplicação móvel para *Android* que seja possível simular os valores de entrada e saída do efeito *seebeck* em termopares.

1.3 JUSTIFICATIVA

Empregando o efeito *seebeck*, geradores de potência termoelétricos podem converter em eletricidade o calor rejeitado em processos industriais. Aplicações típicas desta tecnologia incluem a geração de potência para pequenos equipamentos de telecomunicação, navegação e componentes de instalação de petróleo. Os termopares podem ser uma fonte de energia amigável ao meio ambiente, pois não dependem de combustíveis fósseis, nem radioisótopos e geram energia elétrica apenas com base em diferenças de temperatura, mesmo que sejam de poucas dezenas de graus Celsius.

É fácil constatar que a maioria da energia dos combustíveis atualmente utilizados se perde na forma de calor: dos motores de automóveis às caldeiras industriais, passando pelos chips de computador, apenas uma parte da energia utilizada é realmente transformada em trabalho, a maior parte é dissipada na forma de calor.

Os materiais termoelétricos têm potencial para gerar uma gama inteiramente nova de produtos, capazes de transformar o calor desperdiçado em eletricidade aproveitável.

A utilização de termogeradores mostra-se como uma opção viável quando a energia elétrica não está disponível, não proporciona a credibilidade imperativa ou até mesmo quando tem um custo alto para ser disponibilizada. (FARIAS, 2009).

O conceito de energia limpa, em sua mais profunda essência, remete ao paradoxo contemporâneo que engloba a demanda por fontes energéticas (residenciais, industriais, comerciais, automotivas e motrizes em geral) em confronto com suas formas usuais de produção – tendenciosamente ligadas à degradação

ambiental, nos diferentes níveis conhecidos, tais como poluição atmosférica, uso indiscriminado de recursos naturais (e seu esgotamento) e devastação de ambientes naturais.

Os avanços científicos, tecnológicos, econômicos e sociais resultam em achados extremamente relevantes para o futuro do planeta: as atividades de produção de energia limpa, advindas de processos com base em fontes renováveis são uma das poucas opções de salvação, do meio ambiente e, conseqüentemente, para o homem. (CALDEIRA, 2008).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, apresenta-se a fundamentação teórica sobre temas de relevância para a pesquisa, definindo-se formas de obtenção, definição de termelétricidade, aplicações termoelétricas, efeitos termoelétricos, efeito *seebeck*, dispositivos móveis, entre outros temas.

2.1 DEFINIÇÃO DE ENERGIA

Para Kaehler (2000, apud MAGALHÃES, 2009) segundo a aceção da física, energia é a aptidão de gerar trabalho. Ademais, a energia é, também, considerada um fator de produção, tornando-se um insumo importante para impulsionar o desenvolvimento econômico do país.

Os tipos de energia que existem atualmente se dividem, basicamente, em dois grupos de acordo com a sua fonte. Ou seja, se dividem em energia não renováveis e renováveis. Para Santos et al (2006), energia de fonte não-renovável são aquelas que se encontram na natureza em uma quantidade limitada e podem ser extintas com sua utilização, como por exemplo, os combustíveis fósseis (carvão, petróleo bruto e gás natural) e o urânio, matéria prima utilizada para se obter a energia resultante do processo de fusão nuclear.

Já o outro tipo de energia utilizada é a energia renovável, onde não existe um fim temporal para sua utilização, o calor por exemplo quando emitido pelo sol, o vento, marés, ou cursos de águas. Dessa forma sendo todos inesgotáveis, porém limitadas por cada momento. (SANTOS et al, 2006).

Noutra perspectiva Pacheco (2006, apud MAGALHAES 2009, p. 17):

As energias renováveis são aquelas provenientes de ciclos naturais de conversão da radiação solar, fonte primária de quase toda energia disponível na Terra e, por isso, são praticamente inesgotáveis e não alteram o balanço térmico do planeta. São exemplos de fontes de energia renovável a energia hidrelétrica, solar, eólica, do mar e geotérmica. Já energia não renovável é a aquela que quando da sua transformação, a matéria-prima utilizada já não se aplica mais ao seu uso. Como exemplo dessas fontes temos o petróleo, o carvão e o gás.

Conforme Cravo et al (2013), o carvão, o petróleo e o gás natural formam

recursos não-renováveis, são os denominados combustíveis fósseis, e estes combustíveis fósseis levam milhões de anos para a sua formação, ou seja, não são produzidos de um dia para o outro. Além do mais, sabe-se que estas fontes de energia são finitas e esgotam-se. Este tipo de recursos é relativamente reduzido no nosso país.

2.1.1 Importância da energia

Segundo informações retiradas do site da Eletrobrás (2015), a eletricidade é a principal fonte de luz, calor e força empregada no mundo contemporâneo. Algumas atividades simples como assistir à televisão ou navegar na internet, por exemplo, somente são possíveis porque a energia elétrica chega às residências. Ainda assim, fábricas, supermercados, shoppings e uma variedade de outros lugares necessitam da energia para manterem-se em funcionamento. Nessa perspectiva, é possível afirmar que a maior parte dos avanços tecnológicos alcançados pelo homem foi devido à energia elétrica.

De outro norte, para Magalhães (2009, p. 16):

A energia que hoje movimenta as nossas indústrias, hospitais, comércio, escolas e nos dá o conforto em nossas casas é a energia elétrica. No entanto a energia nesta forma não está disponível na natureza de forma aproveitável para as finalidades mencionadas. Para a obtenção da energia nesta forma é preciso um processo de transformação que aproveita de outras formas de energia disponíveis na natureza convertendo esta em energia elétrica, e esta através de linhas de transmissão, subestações e redes de distribuição chega ao local onde será consumida. Por meio de estruturas específicas e adequadas transforma-se a energia cinética da água, a energia térmica do carvão e do gás, a energia cinética dos ventos entre outras em energia elétrica.

Para Cravo et al (2013), tudo o que acontece á nossa volta é provocado pela energia. É, ela que faz com que tudo funcione. A palavra energia deriva do grego e significa que contém trabalho, pode-se dizer que, energia, é a capacidade de produzir trabalho, e a palavra energia, sempre está associada ao conceito de matéria e movimento.

2.2 FORMAS DE OBTER ENERGIA

A energia elétrica é obtida através de todos os outros tipos de energia, a

eletricidade é transportada e chega aos consumidores no mundo inteiro a partir de sistemas elétricos complexos, formados por quatro etapas: geração, transmissão, distribuição e consumo. (ELETROBRAS, 2015).

Conforme as informações retiradas do site da Eletrobrás (2015), no Brasil, a energia elétrica vem, primeiramente, de usinas hidrelétricas, depois de termelétricas, e, por último de usinas nucleares.

2.2.1 Energia hidrelétrica

O Brasil tem o maior potencial hidrelétrico do mundo. Poderiam ser produzidos um total de 260 milhões de KW, porém de acordo com o Plano Nacional de Energia 2030, o potencial técnico-econômico é de cerca de 126 milhões de KW sendo que 70% deles estão na bacia do rio Amazonas. Estima-se que 25,9 milhões de KW poderiam ser gerados com pequenas centrais hidrelétricas no qual correspondem a cerca de 10% do potencial hidrelétrico total (SANT'ANA, 2012).

Sendo que as grandes usinas hidrelétricas requerem grandes investimentos de capital e uma escala de tempo de anos para serem construídas e concluídas. Uma vez concluída, a energia hidrelétrica tem os custos operacionais mais baixos de qualquer fonte de eletricidade. Com poucas exceções, as usinas hidrelétricas têm vida útil longa e permitem a variação rápida da saída de geração de energia elétrica (ELETROBRAS, 2015).

Em países, como o Brasil, que possuem muitos rios com desníveis grandes, umas das soluções econômicas para fazer girar turbinas é o aproveitamento da força das águas, construindo usinas hidrelétricas. Em usinas desse tipo é uma barragem que controla as águas do rio (ELETROBRAS, 2015).

Ademais, dentro da barragem, são instalados grandes tubos inclinados, que são denominados de aquedutos, estes aquedutos protegem as turbinas. A água desce pelos tubos e faz girar o sistema de hélices, movendo o eixo dos geradores que fabricam a energia elétrica. Perto dos geradores são alojados os transformadores, equipamentos que acumulam e mandam a energia elétrica para os cabos das linhas de transmissão (ELETROBRAS, 2015).

Depois de movimentar as turbinas, as águas voltam para o leito do rio sem sofrer nenhum tipo de degeneração. É por isso que a energia hidrelétrica é

considerada uma fonte limpa, além de ser renovável. No Brasil, a maior quantidade de energia elétrica produzida provém de usinas hidrelétricas (ELETROBRAS, 2013).

Figura 1: Usina de Itaipu



Fonte: Eletrobras (2015).

2.2.1 Energia termelétrica

Em regiões com poucos recursos hidrográficos, mas com boas reservas de óleo, carvão ou gás, é possível girar as hélices das turbinas com a força do vapor resultante da queima desses combustíveis. Para isso, são construídas usinas termelétricas. Grande parte dessas usinas usa fontes primárias consideradas não-renováveis, porém em algumas partes do Brasil já é possível gerar energia queimando combustíveis alternativos, como a biomassa. (ELETROBRAS, 2015).

Conforme mencionado, as hidrelétricas são a principal fonte de eletricidade do país. Porém, para a complementação do Sistema Interligado Nacional, nos momentos em que a oferta de energia produzida é menor do que a demanda, o Brasil utiliza principalmente as termelétricas movidas a gás natural e carvão mineral. Por exercerem esse papel complementar no sistema elétrico, as termelétricas recebem subsídios por parte do governo (SANT'ANA, 2012).

Figura 2: Usina Termoelétrica



Fonte: VEJA (2015).

2.2.3 Energia nuclear

Na natureza, algumas substâncias, como o urânio, têm núcleos atômicos extremamente pesados e instáveis, que podem ser divididos em partículas menores se forem bombardeados por nêutrons. Os nêutrons, ao atingir um núcleo de urânio, provocam sua quebra em dois núcleos menores e a liberação de mais nêutrons, que, por sua vez, irão atingir outros núcleos de urânio e provocar novas quebras. Essa é uma reação em cadeia. No momento em que se dividem, os núcleos emitem calor na forma de radiação. (ELETROBRAS, 2015).

Não obstante, a velocidade de uma reação em cadeia pode ser de duas formas: não controlada e controlada. Na primeira, a reação ocorre extremamente rápida, em menos de um segundo, liberando grande quantidade de energia. É o que acontece na explosão da bomba atômica, por exemplo. No segundo caso, a reação é controlada pelos chamados reatores de fissão nuclear, deixando que a energia liberada seja aproveitada e evitando explosões. (ELETROBRAS, 2015).

Figura 3: Central Nuclear de Angra dos Reis



Fonte: Eletronuclear (2015).

2.3 ALTERNATIVAS DE SE OBTER ENERGIA

A conservação de energia está ligada a um conceito de busca de novas tecnologias para geração de energia. Métodos alternativos de conversão são cada vez mais estudados, para o aproveitamento da energia, como a energia eólica, solar, energia proveniente de fontes termais, das marés e da termogeração. Várias tecnologias provenientes dos resíduos do processo industrial estão sendo consideradas para recuperar e converter calor em energia (FARIAS, 2009).

Ademais, segundo Sant'Ana (2012), o investimento em fontes renováveis alternativas poderia expandir a produção de eletricidade, bem como, ampliar a segurança e a complementaridade do sistema e reduzir os impactos ambientais e sociais da expansão do sistema de geração e de distribuição de energia.

2.3.1 Energia eólica

Conforme Sant'ana (2012, p. 15):

O Brasil tem grande potencial de geração de energia eólica por ter um volume de ventos duas vezes maior do que a média mundial e por ter baixa oscilação da velocidade o que garante maior previsibilidade à geração de eletricidade. O último estudo completo sobre o potencial eólico do país é o Atlas do potencial eólico brasileiro. Apesar de desatualizado, o atlas aponta que o potencial de geração de energia elétrica por meio dessa fonte é de 143 milhões de kW, valor superior à capacidade total instalada no Brasil atualmente, que é de 114 milhões de kW, considerando todas as fontes. As

regiões com maior potencial são o Nordeste, principalmente no litoral, com 75 milhões de kW, o Sudeste, com 29,7 milhões de kW, e o Sul, com 22,8 milhões de kW. Esse potencial pode ser ainda maior se considerarmos os novos sistemas offshore, ou seja, de captação de vento com turbinas instaladas no mar.

A energia eólica é aquela obtida através do movimento do ar, isto é, o vento. Esta energia pode ser aproveitada de várias formas como a moagem de grãos, bombeamento de água, além da geração de energia elétrica e outras aplicações menos conhecidas (MAGALHÃES, 2009).

Segundo informações retiradas do site da Aneel (2015) energia eólica é a energia cinética contida nas massas de ar em movimento, ou seja, vento. O aproveitamento da energia eólica se dá através da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, através do emprego de turbinas eólicas, também chamadas de aerogeradores, para a geração de eletricidade, ou cataventos, para trabalhos mecânicos, como o bombeamento d'água.

Não obstante,

No Brasil, a participação da energia eólica na geração de energia elétrica ainda é pequena. Em setembro de 2003 havia apenas 6 centrais eólicas em operação no País, perfazendo uma capacidade instalada de 22.075 kW. Entre essas centrais, destacam-se Taíba e Prainha, no Estado do Ceará, que representam 68% do parque eólico nacional (ANEEL, 2015, p. 8).

Porém, os incentivos vigentes para o setor elétrico brasileiro deverão despertar o interesse de empreendedores. Destaque-se, aqui, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas (PROINFA). Outro fator importante, como incentivo, é a possibilidade de complementaridade entre a geração hidrelétrica e a geração eólica, visto que o maior potencial eólico, na região Nordeste, ocorre durante o período de menor disponibilidade hídrica (ANEEL, 2015).

Figura 4: Moinhos de energia eólica



Fonte: INFO (2015).

2.3.2 Energia solar fotovoltaica

Segundo informações retiradas do site da Empresa Brasileira de Energia Solar – EBES (2015), a energia fotovoltaica é a energia elétrica que se consegue por meio de luz solar, que pode ser produzida até em dias nublados. Entretanto, quanto maior a amplitude de insolação, maior será a eletricidade obtida.

Ainda, conforme informações do aludido site, o processo de conversão da energia solar emprega células solares que são compostas de elementos semicondutores, a exemplo do silício. Sendo que quando a luz solar sucede sobre uma célula solar, os elétrons do material semicondutor são postos em movimento, o que permite que uma corrente elétrica deslize, bastando para que isso ocorra que se possua um circuito elétrico fechado com conexão para um aparelho consumidor de energia, ou à rede elétrica (EBES, 2015).

Para Sant’ana (2012, p. 17):

Para se ter uma dimensão do potencial de geração da energia solar fotovoltaica, caso o lago de Itaipu fosse coberto com painéis fotovoltaicos (com 8% de eficiência global de conversão e assumindo a radiação solar da região do lago), a geração seria de 183 TWh/ano, o que representaria aproximadamente 45% do total consumido pelo Brasil em 2008. O Brasil recebe boa incidência de radiação solar diária durante a maior parte do ano em todo o seu território. Além de boa incidência de radiação solar, o Brasil possui também grandes reservas de silício, matéria prima indispensável para a produção dos painéis solares. Essa conjunção de fatores representa uma boa oportunidade para o investimento em pesquisa, desenvolvimento e implantação comercial de toda a cadeia tecnológica da energia solar.

2.4 TERMOELETRECIDADE

A termoeletricidade é a conversão da diferença de temperatura em energia elétrica e vice-versa. Dois efeitos fazem parte da termoeletricidade, o efeito *seebeck* e o efeito Peltier.

É caracterizado por termoeletricidade a conversão de energia térmica (calor ou frio) em energia elétrica sem que seja preciso a movimentação dos materiais, gerando assim um grau maior de confiabilidade e um menor tempo gasto com manutenção (FARIAS, 2009).

São muitas as vantagens de se utilizar métodos termoelétricos, segue abaixo as principais e mais relevantes vantagens:

- a) alta confiabilidade;
- b) não possui partes móveis;
- c) pode ser usado com qualquer tipo de calor ou frio;
- d) são leves e pequenos;
- e) tem um fornecimento constante de energia.

Não obstante, segundo Farias (2009, p. 19) “os materiais termoelétricos têm potencial para gerar uma gama inteiramente nova de produtos, capazes de transformar o calor desperdiçado em eletricidade aproveitável”.

Assim, pode se dizer que a geração termoelétrica é bastante atrativa se comparada às outras tecnologias de produção de pequenas quantidades de energia elétrica, principalmente quando aplicados em áreas remotas. Por isso, a tecnologia termoelétrica vem ganhando cada vez mais aplicações onde se requer confiabilidade alta e baixo custo de manutenção (FARIAS, 2009).

2.4.1 Desperdício de energia térmica

Desperdício de energia térmica no processo de forjamento a quente ocupa uma posição importante entre os principais processos de fabricação de peças metálicas. Durante milênios e até numa época recente, o forjamento de metais e suas ligas era a base sólida para o progresso tecnológico da humanidade. (POLOZINE; COLOMBO; SCHAEFFER, 2014).

Segundo os autores, a temperatura inicial de forjamento a quente é elevada devido a necessidade de deformação plástica dos materiais forjados com a

força mínima de conformação, e, no caso de forjamento de aços, pode ultrapassar os 1200°C. As perdas térmicas que acompanham os processos de forjamento a quente, de escala industrial, são grandes. (POLOZINE; COLOMBO; SCHAEFFER, 2014).

Uma das forjarias mais modernas, a empresa Dana, localizada em Gravataí, estado do Rio Grande do Sul, joga no ar hoje uma quantidade de energia térmica na forma de calor residual que custa cerca de R\$16.000.000,00 (dezesesseis milhões de reais). Na prática, o calor residual reaproveitado é usado geralmente em aquecedores de água, mas na maior parte dos casos, esse calor não possui utilidade econômica e é lançado no meio ambiente, causando impacto ambiental negativo. (POLOZINE; COLOMBO; SCHAEFFER, 2014).

2.4.2 Termopares

Segundo informações retiradas do site da IOPE – Instrumentos de Previsão (2015), os Termopares são sensores de maior uso industrial para medição de temperatura. Eles cobrem uma faixa bastante extensa de temperatura que vai de -200 a 2300°C aproximadamente, com uma boa precisão e repetibilidade aceitável, tudo isto a um custo que se comparado com outros tipos de sensores de temperatura são mais econômicos. Ou seja, termopar é o elemento primário de medida de temperatura constituído por dois materiais distintos ligados um ao outro. O termopar está representado pela figura 5.

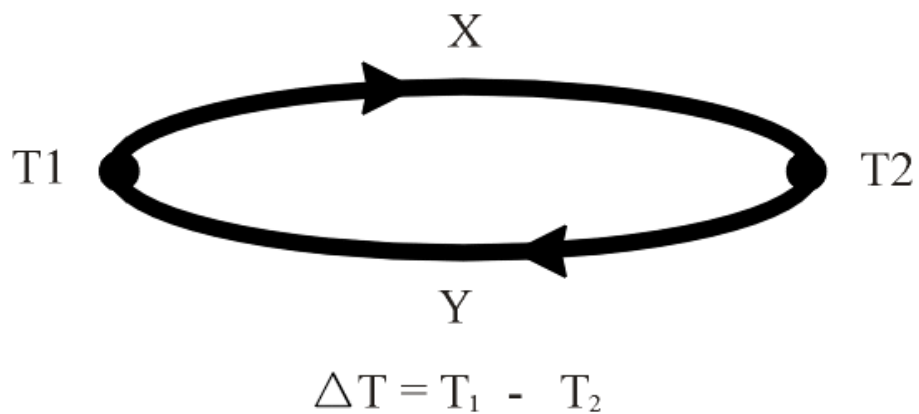
Figura 5: Representação do termopar



Fonte: EXACTA (2015).

A medição de temperatura dos termopares parte do princípio de que dois condutores metálicos diferentes e unidos nas suas extremidades, quando expostos a uma variação de temperatura, gera uma força eletromotriz (F.E.M.), como pode ser observado na figura 6 (EXACTA, 2015).

Figura 6: Funcionamento do termopar



Fonte: EXACTA (2015).

2.4.2.1 Associação em termopares

Nos processos industriais existem vários tipos de medição de temperatura utilizando os termopares, cada um conforme seu objetivo (EXACTA, 2015).

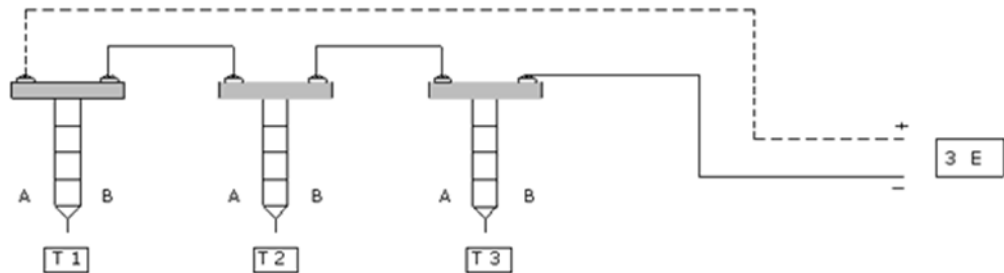
2.4.2.1.1 Associação em série

Quando for necessário ampliar o sinal elétrico gerado pelos termopares é realizado a associação dos mesmos em série (EXACTA, 2015).

A associação em série dos termopares, também chamada de termopilha é a soma das forças eletromotrizes (F.E.M.) de cada par que é constituída. (GOMEZ, 2015).

Na figura 7 pode-se verificar a associação em série de três termopares iguais, onde a tensão resultante será igual a três vezes a f.e.m. (E) (EXACTA, 2015).

Figura 7: Associação de três termopares em série



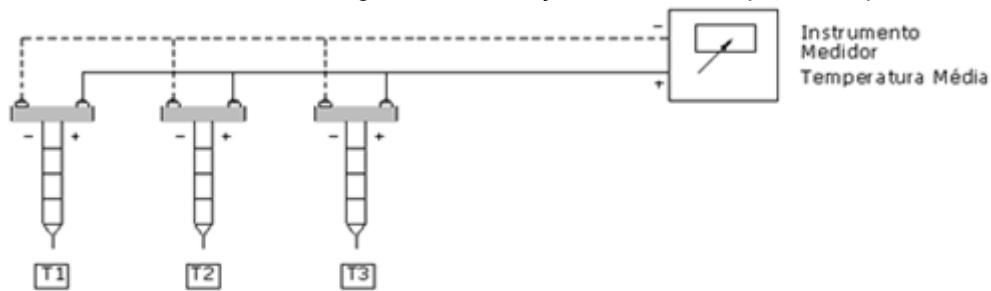
Fonte: EXACTA (2015).

2.4.2.1.2 Associação em paralelo

A associação de termopares em paralelo é dado pela média aritmética das suas f.e.m., ou seja, quando for necessário realizar medições de médias de temperaturas, pode-se utilizar os termopares em paralelo (GOMEZ, 2015).

Na figura 8, pode-se verificar a associação de três termopares ligados em paralelo, onde a tensão resultante será a média aritmética das três f.e.m. (EXACTA, 2015).

Figura 8: Associação de três termopares em paralelo



Fonte: EXACTA (2015).

2.4.3 Aplicações termoelétricas

Para Farias (2009, p. 25) “as aplicações atuais da termoeletricidade são o resfriamento de pequenos lasers, os refrigeradores de diodo, refrigeradores portáteis, mini condicionadores de ar, entre outros”.

Prossegue o autor:

Muitas pastilhas termoelétricas podem também ser utilizadas para gerar potência CC aproveitando o calor rejeitado de processos industriais. Aplicações típicas desta tecnologia incluem a geração de potência para pequenos equipamentos de telecomunicações, navegação e componentes de instalação de petróleo. (FARIAS, 2009, p. 25).

Os materiais termoelétricos são utilizados para o aquecimento e resfriamento dos bancos dos carros de luxo. Porém, os engenheiros querem utilizá-los de maneira mais eficiente gerando eletricidade que ajudará a movimentar veículos com um menor consumo de combustível. (FARIAS, 2009).

Todavia, o emprego de termogeradores em áreas remotas é ponderado como um dos principais usos para este tipo de equipamento, indo das aplicações espaciais até as domésticas.

Por fim, o autor ainda cita a utilização da tecnologia das termopilhas pela aeronáutica, que desenvolveu-se como uma necessidade, indubitavelmente, após a corrida espacial nos anos 60, já que esses dispositivos tornaram-se insubstituíveis para sistemas de refrigeradores de pequeno porte e peso sem partes móveis e sem fluidos pressurizados, aliados ao fato de que as características extraordinárias dos materiais semicondutores mostram uma performance bastante satisfatória para justificar, após, o seu emprego comercial. (FARIAS, 2009).

Portanto, são aplicações típicas desta tecnologia a geração de potência para pequenos equipamentos de telecomunicações, navegação e componentes de instalações de petróleo (FARIAS, 2009).

2.4.4 Efeitos termoelétricos

Para José Américo Moura (2010, p. 98), “os efeitos termoelétricos são aqueles em que energia térmica e elétrica possam ser convertidas de uma forma para outra. Entre estes, de grande utilidade prática temos os efeitos *seebeck* e o efeito Peltier”.

Ou seja, por efeitos termoelétricos entende-se como um aglomerado de fenômenos físicos que relacionam a temperatura com as propriedades elétricas dos materiais.

2.4.4.1 Efeito *seebeck*

Thomas Seebeck descobriu o efeito *seebeck*, em 1821, é uma tensão criada quando dois metais são ligados formando uma junção e esta é aquecida. Este é o fenômeno de muito utilizado pelos engenheiros para auferir de forma precisa a temperatura com o que chamamos de termopares. (MOURA, 2010).

Segundo Moura (2010, p. 99):

A diferença de potencial V gerada pelo efeito Seebeck é dada por:

$$V = \alpha_{ab}\Delta T,$$

Sendo α_{ab} positivo se a corrente flui da junção quente para a fria e negativo caso contrário.

No mesmo sentido, Araújo Filho (1999) afirma que, foi em 1821 que T. J Seebeck descobriu que em um circuito formado por dois condutores metálicos diversos, se uma das junções tiver à temperatura T^1 e a outra numa temperatura T^2 , uma corrente percorrerá o circuito constituído pelos dois condutores. Esta corrente vai existir enquanto houver essa diferenciação de temperatura entre as junções. A força eletromotriz que dá origem a essa corrente, é denominada de *seebeck*, sendo de forma direta proporcional à diferença de temperatura entre as junções.

Ademais, para geração termoelétrica o efeito *seebeck* é otimizado com a utilização de materiais semicondutores (MOURA, 2013).

Ao utilizarmos a fórmula do efeito considerando os seus coeficientes constantes em uma certa temperatura, a fórmula expressada pode ser aproximada por:

$$E = (S_B - S_A) \cdot (T_2 - T_1).$$

Onde a (F.E.M) é dada pela diferença do coeficiente dos dois materiais multiplicado pela diferença da temperatura dos mesmos (MOURA, 2013).

3 SIMULAÇÃO

Para Eduardo Saliby (1999), a simulação pode ser entendida como o uso de modelos para o estudo de problemas reais de natureza complexa, através da experimentação computacional. Dessa forma, a simulação consiste no processo de elaboração de um exemplo que replica o funcionamento de um sistema real ou idealizado e na condução de experimentos computacionais com este modelo com o escopo de melhor compreender o problema em análise, testar distintas alternativas para sua operação e igualmente propor melhores formas de operá-lo.

A simulação é retratada pelo processo de projetar um modelo de sistema real, afim de entender o comportamento do sistema ou avaliar novas estratégias a par de limites impostos por alguns critérios, ou um conjunto deles para operar um sistema (SHANNON, 1975, APUD COSTA, 2002).

Uma característica comum aos simuladores é a tentativa do fornecimento de uma imitação operacional da atividade real. Podemos ter vários níveis de abstração e de envolvimento humano em uma simulação (MATSSURA, 1996).

3.1 IMPORTÂNCIA DOS SIMULADORES

Segundo Pereira et al (2010, p. 29):

Softwares que modelam e reproduzem o funcionamento de sistemas reais [Heckler 2007], como por exemplo: a) o simulador de carro: é mais utilizado em auto-escola, com o intuito de ensinar os comandos básicos do carro. Pois, mostra um cenário onde a pessoa terá que fazer conversões à direita e esquerda dando seta, realizando baliza e etc; b) Simulador de voo: é usado pela aeronáutica para treinamento de seus cadetes, aprendendo os comandos no geral da aeronave, podendo decolar, aterrissar, treinando bastante as funções da aeronave; c) Simulador de vida: está sendo utilizado em games com o intuito de viver a vida virtual, pois permite ter os movimentos precisos de uma pessoa; d) Simulador de Raios X: este já é muito utilizado em faculdades que treinam médicos para a área da medicina realizando raios x sem a necessidade de possuir pacientes reais. São muito importantes para o treinamento de pessoas, pois, transmitem sensações que na realidade não estão ocorrendo.

Ademais, Uchôa Júnior (2006, p. 12 e 13), enumera as vantagens da utilização da simulação:

- a) Um modelo pode ser utilizado inúmeras vezes para avaliar projetos propostos;
- b) Mesmo que os dados de entrada estejam sob a forma de rascunhos, o uso da simulação permite avaliar o sistema;
- c) Geralmente métodos analíticos são mais difíceis de aplicar do que a simulação;
- d) Possuem grande flexibilidade, pois se aplicam aos mais variados modelos;
- e) Os modelos analíticos requerem maior número de simplificações que os modelos de simulação, que por sua vez possuem maiores níveis de detalhes que a técnica anterior, podendo assim analisar melhor o sistema;
- f) Hipóteses podem ser testadas e confirmadas, dependendo dos resultados;
- g) O tempo de simulação é independente do tempo real, ou seja, durante a simulação pode-se acelerar ou retardar a reprodução dos fenômenos, para melhor estudá-los;
- h) A identificação de “gargalos” fica mais fácil, principalmente com a ajuda visual, que algumas ferramentas dispõem. • Responde questões do tipo: “o que aconteceria se?”;
- i) Possui um processo de modelagem evolutivo. Inicia-se com um modelo simples e aumenta-se sua complexidade aos poucos, observando as peculiaridades do problema;
- j) Os resultados de uma simulação, submetidos a uma série de etapas de modelagem, teste, validação e representação visual, têm melhor aceitação que a opinião de uma única pessoa.

É importante mencionar que recentemente, os simuladores estão sendo extremamente utilizados para treinamentos de pessoas em distintas áreas sendo que permite que ocorram erros sem que cause problema às pessoas, como: ferimentos, danos à saúde ou mesmo levá-las a óbito. (PEREIRA et al, 2010).

Simuladores e jogos educativos são uma técnica nova, utilizados por pessoas que querem aprender, isto é, são softwares que proporcionam determinados níveis de aprendizagem. Os softwares educativos estão sendo muito utilizados em disciplinas como: Língua Portuguesa, Matemática, Língua Inglesa, etc. (PEREIRA et al, 2010).

Vários pais hoje em dia, compram programas educativos para seus filhos, pois é uma nova forma de aprendizagem mais motivadora. Um software educativo para crianças tem que possuir cores fortes, sons, formatos para influenciarem na curiosidade das crianças, possibilitando assimilar os objetos e a distinguir o que é som, cor, forma, letras e números. (MENDES, 2006, apud PEREIRA et al, 2010).

Dois termos necessários para caracterizar as simulações são: modelo de simulação e processo de simulação:

- a) modelo de simulação:** é um conjunto de hipóteses sobre como o sistema expresso com matemática e/ou relações lógicas entre os elementos do sistema.

Segundo Uchôa Júnior (2006, p. 13), os modelos podem ser classificados em estáticos ou dinâmicos, determinísticos ou estocásticos e discretos ou contínuos:

Os modelos dinâmicos levam em consideração o tempo. Nos modelos estáticos o tempo não apresenta um papel importante.

Os modelos determinísticos têm um conjunto conhecido de entradas, os quais resultarão em um único conjunto de saídas, estes não apresentam variáveis aleatórias. Os modelos estocásticos possuem uma ou mais variáveis aleatórias como entrada, que levam a saídas aleatórias. Assim, as saídas da simulação estocástica devem ser tratadas como estimativas estatísticas das características reais de um sistema.

Os modelos de simulação discreta são aqueles em que as variáveis dependentes (variáveis de estado) variam discretamente em pontos específicos do tempo simulado. Os modelos contínuos são aqueles em que as variáveis dependentes podem variar continuamente ao longo do tempo simulado.

Ainda, conforme o autor, “existem vários tipos de modelos que podem ser utilizados para simular um problema”. A escolha vai depender do objetivo e da complexidade do sistema. Os modelos podem ser classificados como sendo matemáticos ou não matemáticos. Sendo que um modelo matemático usa notação simbólica e relações matemáticas para representar um sistema, já um modelo de simulação é um tipo peculiar de modelo matemático (UCHÔA JÚNIOR, 2006).

b) simulação de processos: o modelo de tempo de execução através de um computador para gerar amostras representativas do comportamento do sistema que deseja simular (UCHÔA JÚNIOR, 2006).

4 TECNOLOGIA

As Tecnologias podem surgir da criação ou então da transformação de recursos tecnológicos já existentes. A partir da combinação de diferentes técnicas pode-se melhorar os processos já existentes ou atingir novos propósitos.

Esse capítulo traz uma breve descrição dos recursos tecnológicos que foram utilizados para a elaboração do trabalho.

4.1 ANDROID

A plataforma *Android* foi iniciado pela *Open Handset Alliance*, um grupo de organizações colaborando para a construção de um telefone móvel melhor. O grupo foi liderado pela *Google*, onde incluiu operadores de telefonia móvel, fabricantes de aparelhos portáteis, fabricantes de componentes, provedores de plataformas, soluções de software e empresas de *marketing* (ABLESON, 2009).

A HTC produziu o primeiro telefone portátil com capacidade para *Android* do mercado, no qual foi fornecido pela *T-Mobile*. O dispositivo se tornou disponível após quase um ano de especulações, onde as únicas ferramentas de desenvolvimento de software disponíveis eram alguns releases do SDK em constante aprimoramento. A equipe do *Android* liberou o SDK V1.0 e os aplicativos começaram a aparecer para a nova plataforma (ABLESON, 2009).

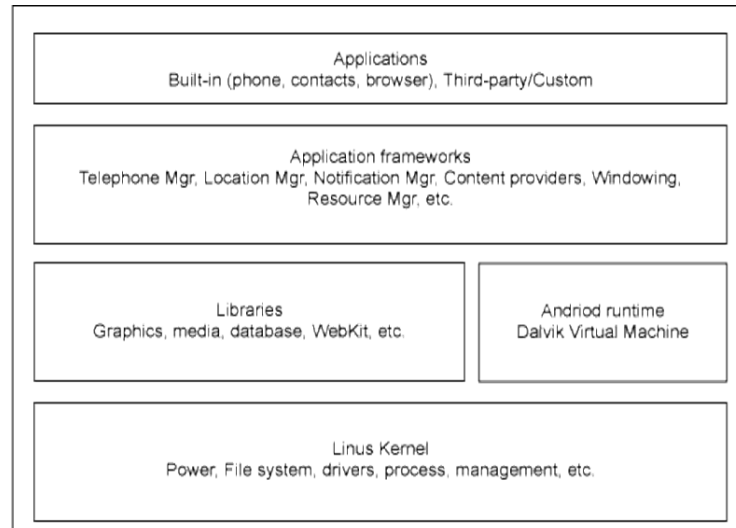
O *Android* foi desenvolvido com base na versão 2.6 do *Kernel* do *Linux*, onde possui uma arquitetura bem estruturada e baseada em camadas, de forma a tratar isoladamente as funções de aplicações, execuções paralelas, serviços centrais, entre outros (PEREIRA; SILVA, 2009).

4.1.1 Arquitetura *Android*

Para desenvolver aplicações em *Android*, ou em qualquer outro sistema operacional, é importante que se conheça sua arquitetura e o modo como estão dispostas suas camadas, para compreender de que forma ocorrem as interações dos processos dentro dessa plataforma. Dessa forma é imprescindível uma breve percepção de sua disposição.

Conforme demonstra a figura 9, a arquitetura do *Android* esta dividida em quatro camadas: *Aplicações*, *Framework*, *Bibliotecas/Android Runtime* e *Kernel Linux*.

Figura 9: Camadas do *software Android*



Fonte: Pereira e Silva (2009).

4.1.1.1 Aplicações

A camada de aplicação é a mais alta camada, que se encontra acima de todas as outras. Nela é encontrada as aplicações padrões do sistema, a agenda de contatos, o discador de telefone, navegador de Internet, calendários, gerenciador de e-mails, dentre vários outros. Nessa camada também pode-se encontrar as demais aplicações pessoais do usuário, onde podem ser adquiridas na loja virtual *Google Play*, ou então desenvolvidas ou baixadas pelos próprios usuários por meio do SDK ou Internet (BURNETTE, 2010, tradução nossa).

Aplicações *Android* utilizam o *Java*. Para compilação do código é usado as ferramentas do SDK, em conjunto com os dados e arquivos de recursos, em um pacote *Android*, que tem a extensão *.apk*. O código que contém nesse pacote *.apk* é considerado uma aplicação e pode ser realizado a instalação no dispositivo através desse arquivo (DEVELOPER ANDROID, 2012, tradução nossa).

É utilizado um sistema multiusuário baseado no *Kernel* do *Linux* onde cada aplicação deve ser um usuário diferente.

Para cada usuário é atribuída uma chave ID, onde o sistema pode fazer as definições de permissão de acesso aos arquivos do mesmo, assim podendo filtrar

os usuários (aplicações) que terão acesso aos dados. Ao ser executada, cada uma das aplicações também possui um processo *Linux*, que é iniciado e finalizado os componentes conforme suas devidas necessidade. Sendo assim, o sistema *Android* é capaz de garantir, por padrão, de que cada aplicativo terá acesso aos seus devidos componentes necessários, gerando um ambiente seguro e controlado que os aplicativos não acessam as partes do sistema que não foram permitidas (DEVELOPER ANDROID, 2012, tradução nossa).

4.1.1.2 *Framework Application*

As *Application Program Interfaces* (API) são localizadas na camada de *Framework* onde estão os recursos em alto nível disponíveis aos desenvolvedores para o desenvolvimento das aplicações. Ela proporciona várias bibliotecas *Java* especialmente desenvolvidas para *Android*, além de gerenciadores voltados para utilização dos recursos do dispositivo e serviços (GARGENTA, 2011, tradução nossa).

Os principais elementos da camada de *Framework* são (BURNETTE, 2010, tradução nossa; GARGENTA, 2011; PEREIRA; SILVA, 2009):

- a) *activity manager*: gerencia o ciclo de vida e controla o deslocamento entre as aplicações e atividades;
- b) *package manager*: é capaz de gerenciar a leitura das informações contidas nos *Application Packages* (APKs), que são pacotes de aplicativos *Android*. É também responsável pela comunicação com resto do sistema, responsável por quais pacotes estão sendo utilizados no dispositivo;
- c) *window manager*: permite o gerenciamento e controle de janelas das aplicações;
- d) *content providers*: responsável pelo compartilhamento de dados e também o compartilhamento de conteúdo, gerencia os pacotes e faz a gestão dos conteúdos. Sendo assim a aplicação é capaz de acessar as informações de outra e compartilhar as mesmas informações, baseado em suas permissões;
- e) *view system*: atua no tratamento dos gráfico na aplicação, como botões, layouts e frames;

- f) *resource manager*: gerencia recursos provenientes de arquivos e conteúdos estático que o código fonte utiliza, assim como os *bitmaps*, definições de *layout*, instruções de animação, e outros;
- g) *location manager*: fornece acesso dos serviços de localização, informações geográficas do dispositivo, normalmente utilizadas em aplicações que utilizam o GPS;
- h) *notification manager*: viabiliza a geração das mensagens para o usuário, notificando situações que estão ocorrendo no dispositivo, mesmo a aplicações estando em segundo plano.

Nessa mesma camada estão disponíveis recursos como *Bluetooth*, *USB*, *Wi-Fi*, sensores entre outros (PEREIRA; SILVA, 2009). Todos os elementos citados já são pré-instalados com juntamente com o *Android*, e é possível utilizar extensões conforme a necessidade (BURNETTE, 2010, tradução nossa).

4.1.1.3 Bibliotecas

Nessa camada se encontram-se bibliotecas nativas do *Android* desenvolvidas em C/C++, onde são responsáveis pelos recursos do sistema, compiladas para a arquitetura em dispositivos moveis. A partir dos *frameworks* disponibilizados para os desenvolvedores podem ser acessadas as bibliotecas. Entre as principais existentes, estão em destaque as seguintes (BURNETTE, 2010, tradução nossa; PEREIRA; SILVA, 2009):

- a) *surface manager*: gera acesso ao sistema de exibição, proporciona ao sistema efeitos como transparência e transições, realiza também o gerenciamento e tratamento das exibições gráficas;
- b) 2D e 3D *libraries*: é possível criar interfaces com elementos bidimensionais e tridimensionais. Com as bibliotecas 3D fundamentado em *OpenGL*, é possível aprimorar os gráficos através de aceleração do *hardware* 3D, caso esteja disponível no dispositivo, ou então renderização de gráficos através de *softwares*;
- c) *media libraries*: dão suporte a vários formatos de áudio e vídeo, como *plugins* de *codec* para *hardware* e *software*;

- d) *SQLite*: foi desenvolvida em C e disponibiliza mecanismos de banco de dados relacional, é leve e muito eficiente, perfeito para aplicativos dos dispositivos móveis;
- e) *webkit*: baseado no código do renderizador de páginas de navegadores, suporta tecnologias como *javascript*, CSS, DOOM e AJAX.

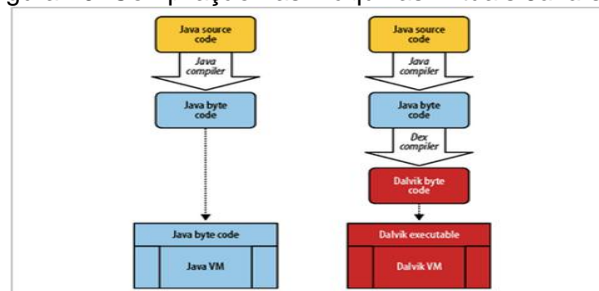
Pode-se realizar o desenvolvimento de bibliotecas através do *Native Development Toolkit* (NDK), disponível do *Android* 1.5 em diante.

4.1.1.4 *Android Runtime*

Nessa camada ficam as instâncias da Máquina Virtual *Dalvik*, que é criada na execução das aplicações. A Máquina Virtual *Dalvik* foi desenvolvida para que fosse possível um melhor desempenho no dispositivo móvel, sendo capaz de funcionar em ambientes com pouca memória RAM, CPU de baixa frequência e sistemas operacionais sem recursos para Swap, tendo em vista um menor consumo de bateria, memória e processamento rodando várias instâncias em paralelo (PEREIRA; SILVA, 2009).

A Máquina Virtual *Dalvik* é diferente da máquina Virtual Java tradicional, devido a execução dos arquivos *.dex* (*Dalvik Executable*), onde são convertidos no momento compilação a partir dos arquivos *.jar* e *.class*, conforme demonstra a figura 10. Os arquivos *.dex* são mais compactos do que arquivos *.class*, o que é de suma importante para ocupação de espaço na memória e consumo de energia de bateria nos dispositivos móveis (BURNETTE, 2010, tradução nossa).

Figura 10: Compilação nas máquinas virtuais *Java* e *Dalvik*



Fonte: Gargenta (2011).

4.1.1.5 Kernel Linux

O *Android* foi desenvolvido através de uma base muito sólida: o *Kernel Linux*. Na camada mais baixa da arquitetura é situado o *Kernel Linux*, onde fornece uma abstração entre o hardware as demais camadas, que permite uma ampla portabilidade para diferentes plataformas (BURNETTE, 2010, tradução nossa).

O *Android* utiliza-se do *Kernel* do *Linux* para seus serviços fundamentais, como gerenciamento de processos e memória, protocolos de rede, segurança, entre outros. Ainda é utilizado um recurso de gerenciamento de energia, no qual é responsável por checar os dispositivos que não estão sendo utilizados por aplicações e os finalizar (PEREIRA; SILVA, 2009).

4.1.1.6 Embarcadero Delphi XE5

Atualmente o estágio do mercado corporativo é a mobilidade, isso reflete diretamente no cenário do desenvolvimento de *software*. Cumprindo com sua premissa de manter-se atualizado nas principais tendências, o *Delphi XE5* tem suporte nativo para as duas principais plataformas móveis do atual cenário: *Android* e iOS (KAWATA, 2015).

O maior atrativo nessa versão do *Delphi* é o suporte ao desenvolvimento móvel *Android*. Apesar de uma dificuldade inicial para o desenvolvimento em plataforma *Android*, a proposta do Embarcadero é manter o processo do desenvolvimento parecido com o desenvolvimento em sistemas já desenvolvidos para *desktop*, desta forma, reaproveitando o conhecimento que o desenvolvedor obteve ao longo dos anos (KAWATA, 2015).

Suas vantagens são grandiosas na parte de produção de aplicativos principalmente empresariais, mantendo o processo bastante parecido com o do *Delphi* voltado para *desktop*. Sendo ágil e simples no desenvolvimento de funções básicas, sendo elas relatórios, cadastros, listagens e processos (KAWATA, 2015).

Em contra partida, pode-se verificar algumas desvantagens quanto ao desenvolvimento de aplicativos mais específicos, que fogem dos processos anteriormente citados, como por exemplo aplicativos que precisam de conexão a internet e processos que fogem do ambiente de desenvolvimento visual do *Delphi* (KAWATA, 2015).

5 TRABALHOS CORRELATOS

Diversas pesquisas são realizadas a todo o momento no mundo inteiro na área de tecnologia. Nos tópicos a seguir algumas das pesquisas relacionadas ao presente trabalho serão abordadas.

5.1 COMPETITIVIDADE DA TERMOELETRICIDADE MOVIDA A GÁS NATURAL NO BRASIL

Alexandre Siciliano Esposito, em 2004, apresentou sua Dissertação de Mestrado em Economia na Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Em sua dissertação, Esposito aborda a problemática da competitividade da termoeletricidade movida a gás natural no Brasil. Sendo que o seu propósito foi averiguar os porquês de as condições de ingresso das usinas termoelétricas independentes na atual estrutura do mercado elétrico serem desfavoráveis.

Os principais conceitos teóricos por ele utilizados são aqueles desenvolvidos por autores estruturalistas e evolucionistas, pois permitem avaliar as condições de mercado de longo prazo que influem na competitividade da geração termoelétrica a gás natural. De acordo com esse enfoque, a competitividade de firmas termoelétricas independentes é avaliada sob a perspectiva do ambiente seletivo de mercado, capaz de sancionar ou excluir firmas.

Em seu trabalho, duas foram as principais classes de agentes na indústria de suprimento de eletricidade: hidroelétricas e termoelétricas. Como expõe a dissertação, a trajetória da indústria de suprimento de eletricidade fez emergir um paradigma predominantemente hidroelétrico, presente em nossas instituições há décadas.

O primeiro capítulo ambienta o leitor no quadro teórico proposto. Em segundo lugar, expõem-se as trajetórias das indústrias de eletricidade e de gás natural. Em seguida, são informadas a atual estrutura do mercado de geração de eletricidade e suas instituições. Dada essa estrutura, o desempenho da indústria é analisado. Por fim, os ambientes seletivos institucional e microeconômico do mercado elétrico são detalhados e analisados, sob a perspectiva das dimensões competitivas das usinas termoelétricas independentes de ciclo combinado movidas a gás natural em relação às hidroelétricas.

5.2 PROTÓTIPO DE UM MICROGERADOR TERMOELÉTRICO DE ESTADO SÓLIDO

Na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, no ano de 2009, Sandro Ricardo Alves Farias, apresentou sua dissertação de mestrado em Engenharia de Petróleo. Segundo o então mestrando, a conversão termoelétrica da energia pode ser realizada diretamente em geradores sem partes móveis, que utilizam o princípio do efeito *seebeck*, obtido em junções de condutores termopares e mais recentemente nas junções semicondutoras tipo p-n que apresentam maior eficiência de conversão. Quando os termogeradores são expostos a uma diferença de temperatura (gradiente térmico), uma força eletromotriz é gerada induzindo o surgimento de uma corrente elétrica no circuito. Desta forma, é possível converter em energia elétrica a energia térmica da combustão de um gás através de um queimador, constituindo-se em um gerador termoelétrico.

Conforme Farias o desenvolvimento de queimadores infravermelhos, utilizando placa cerâmica porosa, tem possibilitado melhorar a eficiência dos processos de aquecimento, além de reduzir as emissões nocivas como co, nox, etc.

Nos últimos anos, o aperfeiçoamento de módulos semicondutores termoelétricos (tegs) tem estimulado o desenvolvimento de dispositivos geradores e de aproveitamento de irreversibilidades térmicas de máquinas térmicas e processos, melhorando a eficiência energética e exergética desses sistemas, principalmente de processos que permitem a cogeração de energia.

O trabalho de Farias foi baseado na construção e avaliação de um protótipo, em escala piloto, para geração de energia visando aplicações específicas. A unidade utilizava gás combustível (glp) como fonte primária de energia. O protótipo foi composto de um queimador infravermelho de placas porosas, um adaptador para o módulo gerador, um conjunto de módulos semicondutores adquiridos da hi-z inc. E um trocador de calor para ser utilizado como fonte fria.

O protótipo foi montado em uma bancada de testes, utilizando um sistema de aquisição de temperatura, um sistema de aplicação de carga e instrumentação para avaliar o seu funcionamento e desempenho. O protótipo apresentou uma eficiência de conversão química para elétrica de 0,31% e aproveitamento térmico de cogeração da ordem de 33,2%, resultando numa eficiência global de 33,51%. A eficiência exergética próxima da energética mostra que o aproveitamento útil da

energia primária do combustível foi satisfatório, embora o dispositivo proposto tenha apresentado, ainda, um baixo desempenho devido a subutilização da área aquecida pelo número reduzido de módulos, como também, um gradiente térmico abaixo do ideal informado pelo fabricante, além de outros fatores. A metodologia de ensaio adotada mostrou-se adequada para avaliação do protótipo.

5.3 ESTUDO DA VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO DO CALOR DE ESCAPE PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM AUTOMÓVEIS

Na Universidade de Taubaté, em 2012, Carlos Alfredo Rodrigues de Carvalho, apresentou sua dissertação de mestrado em Engenharia Mecânica. Conforme o então mestrando, atualmente um dos grandes responsáveis pela emissão do Dióxido de Carbono são os veículos movidos a motor de combustão interna, que estão presentes, em grande parte, nos automóveis. Sendo que pesquisas recentes têm mostrado formas de aumentar a eficiência dos automóveis através do aproveitamento do calor de exaustão para a geração de energia elétrica, tendo como consequência redução no consumo de combustível.

A dissertação de Carvalho tinha como escopo a apresentação de um estudo de viabilidade técnica de um gerador termoelétrico aproveitando o calor residual dos gases de exaustão de um motor de combustão interna para a geração de energia elétrica. O trabalho apresentou o modelamento matemático e a implementação de um protótipo para a realização de ensaios para obtenção de resultados experimentais.

O aludido protótipo foi montado utilizando módulos termoelétricos cujo princípio de funcionamento tem por base os efeitos *seebeck* e *peltier*, que devido ao conceito de reversibilidade podem funcionar como geradores elétricos, aquecedores ou refrigeradores. Através de equações teóricas e dos resultados dos ensaios experimentais se conseguiu uma avaliação de desempenho do sistema de geração de energia elétrica. Ademais, foi possível a determinação do comportamento dos principais parâmetros envolvidos e concluir sobre a exequibilidade e viabilidade do projeto.

6 DESENVOLVIMENTO DO SIMULADOR DE EFEITO *SEEBECK* EM TERMOPAR PARA *ANDROID*

6.1 METOLOGIA

Para que fosse possível criar um aplicativo móvel para simular o efeito *seebeck* em termopar, foi preciso realizar todo o levantamento de dados a partir do estudo do efeito *Seebeck* e os cálculos e formas de ligações existentes.

Ao realizar uma análise do que seria preciso desenvolver no sistema foram levantados os seguintes pontos:

- Cadastrar componentes e seus respectivos coeficientes *Seebeck*.
- Consultar materiais.
- Simular a tensão gerada de um ou mais termopares de um mesmo tipo ligados em série ou paralelo.

Após definido os requisitos do aplicativo foi criado uma aplicação no *Delphi XE5* do tipo '*FireMonkey Mobile Application*', com o modelo pré-definido '*Header/Footer with Navigation*'.

Foram inseridos os componentes para que fosse possível calcular a tensão gerada pelo efeito *seebeck*, como pode-se verificar na figura 11, de forma que pode-se incluir vários termopares iguais com temperaturas distintas, podendo associa-los em série ou paralelo.

Ao pressionar o botão 'Incluir Termopar' é gerado uma nova linha na grade, desta forma, deve-se incluir as temperaturas de cada material no novo termopar.

Figura 11: Tela Principal



Fonte: Elaborado pelo autor.

No evento *'onClick'* do botão *'Calcular Tensão'* contém o código fonte responsável pelos cálculos da simulação do efeito *seebeck*, conforme a figura 12.

Figura 12: Código fonte do cálculo

```

procedure TTabbedForm.CalcularClick(Sender: TObject);
var
  ldTemperatura1:Double;
  ldTemperatura2:Double;
  ldCoefSeebeck1:Double;
  ldCoefSeebeck2:Double;
  ldResultado:Double;
begin
  if TempMat1.Text.Trim.IsEmpty then
  begin
    ShowMessage('Temperatura do material 1 não informada.');
```

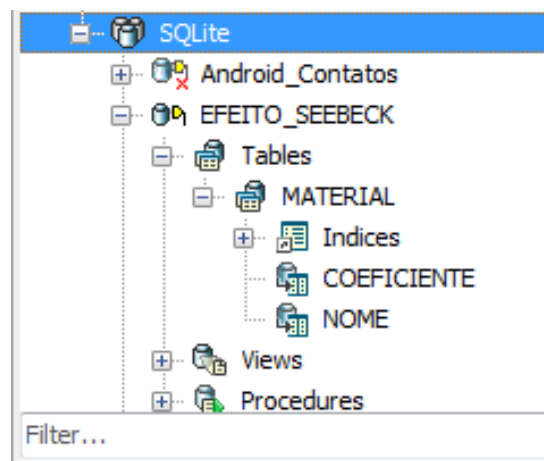
Fonte: Elaborado pelo autor.

Através do código fonte contido no evento de clique do botão, é realizado as validações necessárias dos dados inseridos pelo usuário, realizado o cálculo conforme o usuário configurou e mostrado na tela o resultado.

Depois de realizado parte do desenvolvimento da tela principal foi implementado a aba 'Cadastro', na qual é possível cadastrar os materiais e seus respectivos coeficientes *seebeck* disponíveis nos termopares conforme a figura 15.

Para que fosse possível cadastrar os materiais, foi criado um banco de dados a partir da biblioteca 'SQLite' utilizando as ferramentas nativas do *Delphi XE5*, conforme mostra a figura 13.

Figura 13: Banco de dados



Fonte: Elaborado pelo autor.

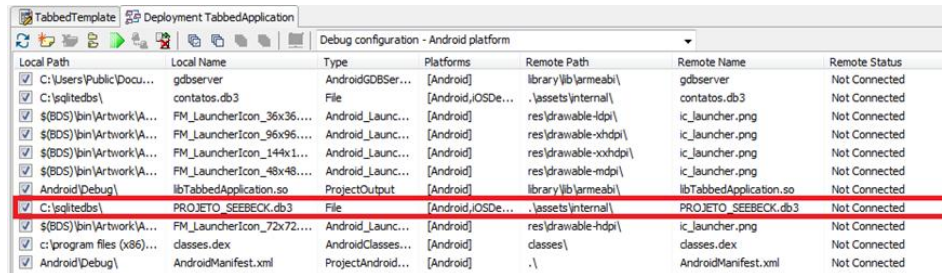
No banco de dados foi criada uma tabela simples apenas com as colunas necessárias para armazenar o nome e o coeficiente *seebeck* do material cadastrado como pode ser visualizado na figura 13.

Após a criação do banco de dados foi preciso incluir o arquivo do mesmo na instalação, para que ao instalar o aplicativo no aparelho o banco de dados seja transferido em conjunto.

Para isso foi utilizado a opção '*Deployment TabbedApplication*', onde é possível incluir arquivos que se deseja transferir para o aparelho.

O banco de dados foi inserido no *Remote Path* '*.\assets\internal*' que é um local padrão para aplicações desenvolvidas em *Android*, pode-se visualizar a configuração na figura 14 onde é destacado o arquivo em questão.

Figura 14: Inclusão do banco de dados na aplicação

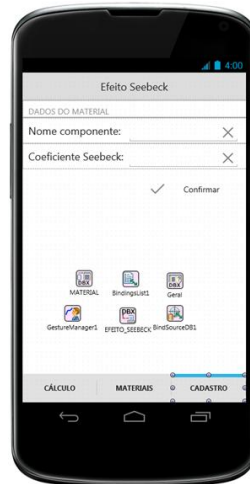


Local Path	Local Name	Type	Platforms	Remote Path	Remote Name	Remote Status
✓ C:\Users\Public\Docu...	gdbserver	AndroidDBSer...	[Android]	library\lib\armeabi\	gdbserver	Not Connected
✓ C:\sqlite\...	contatos.db3	File	[Android,OSDe...	assets\internal\	contatos.db3	Not Connected
✓ \$(BDS)\bin\Artwork\A...	FM_LauncherIcon_36x36...	Android_Launc...	[Android]	res\drawable-ldpi\	ic_launcher.png	Not Connected
✓ \$(BDS)\bin\Artwork\A...	FM_LauncherIcon_96x96...	Android_Launc...	[Android]	res\drawable-xhdpi\	ic_launcher.png	Not Connected
✓ \$(BDS)\bin\Artwork\A...	FM_LauncherIcon_144x1...	Android_Launc...	[Android]	res\drawable-xhdpi\	ic_launcher.png	Not Connected
✓ \$(BDS)\bin\Artwork\A...	FM_LauncherIcon_48x48...	Android_Launc...	[Android]	res\drawable-mdpi\	ic_launcher.png	Not Connected
✓ Android(Debug)	libTabbedApplication.so	ProjectOutput	[Android]	library\lib\armeabi\	libTabbedApplication.so	Not Connected
✓ C:\sqlite\...	PROJECTO_SEEBECK.db3	File	[Android,OSDe...	assets\internal\	PROJECTO_SEEBECK.db3	Not Connected
✓ \$(BDS)\bin\Artwork\A...	FM_LauncherIcon_72x72...	Android_Launc...	[Android]	res\drawable-hdpi\	ic_launcher.png	Not Connected
✓ c:\program files (x86)...	classes.dex	AndroidClasses...	[Android]	classes\	classes.dex	Not Connected
✓ Android(Debug)	AndroidManifest.xml	ProjectAndroid...	[Android]	.\	AndroidManifest.xml	Not Connected

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com o banco de dados rodando de forma correta na aplicação, foi possível criar os componentes para inserção dos dados na tabela anteriormente criada.

Figura 15: Tela de cadastro



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na figura 15 foi criado o componente *'TListBox'*, onde é exibido um registro por vez na forma de cadastro, no botão confirma foi desenvolvido o algoritmo de inserção dos dados no banco de dados.

Foi utilizado o componente *'TSQLQuery'* com o nome 'Geral' para realizar a transações de gravação no banco de dados. Na figura 16 pode-se visualizar o código referente à gravação no banco de dados.

Figura 16: Código fonte do cadastro

```

procedure TTabbedForm.Button1Click(Sender: TObject);
var
  sSQL: String;
begin
  if NomeComponente.Text.Trim.IsEmpty then
    ShowMessage('O nome do componente não foi preenchido.')
  else
    if CoefSeebeckComponente.Text.Trim.IsEmpty then
      ShowMessage('O coeficiente seebeck não foi preenchido')
    else
      begin
        sSQL := 'INSERT INTO MATERIAL(NOME, COEFICIENTE) ' + ' ' +
          'VALUES ' +
          '(' + NomeComponente.Text.QuotedString + ', ' +
          ' ' + StringReplace(CoefSeebeckComponente.Text.QuotedString, ',', '.', [rfReplaceAll]) + ')';

        try
          Geral.CommandText := sSQL;
          Geral.ExecSQL;

          ShowMessage('Material inserido com sucesso!');

          MATERIAL.Close;
          MATERIAL.Open;

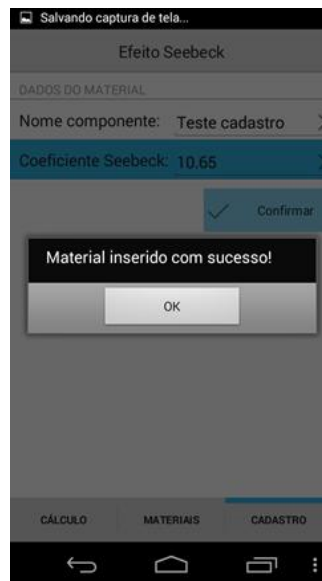
          TabControl1.ActiveTab := TabControl1.Tabs[TabControl1.TabIndex-1];
        except
          on E: Exception do
            ShowMessage(E.Message);
          end;
        end;
      end;
end;

procedure TTabbedForm.Button2Click(Sender: TObject);
begin

```

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 17: Cadastro

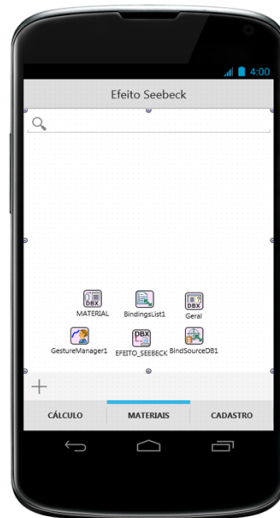


Fonte: Elaborado pelo autor.

Com o cadastro de novos registros funcionando corretamente, foi realizado a implementação da *tab* de consulta dos dados inseridos. Através dela é possível selecionar, procurar e consultar os registros gravados no banco de dados.

Para que isso fosse possível foi utilizado os componentes '*TSQLDataSet*', '*TBindingList*', '*TSQLConnection*' e '*TBindSourceDB*', como pode-se observar na figura 18.

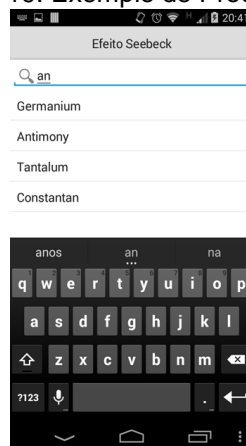
Figura 18: Tela de Listagem dos Materiais



Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi codificada a parte de procura dos registros na lista, onde é possível procurar os materiais listados. A pesquisa é realizada em tempo real, ou seja, a cada letra digitada a busca é atualizada de forma automática, conforme é mostrado figura 19.

Figura 19: Exemplo de Procura de Materiais

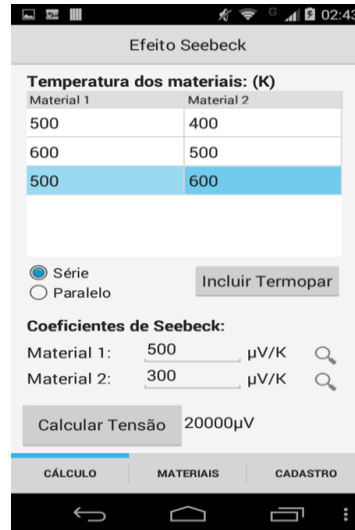


Fonte: Elaborado pelo autor.

Finalizando o desenvolvimento da listagem dos materiais, foi implementado a função de busca dos registros através da página principal.

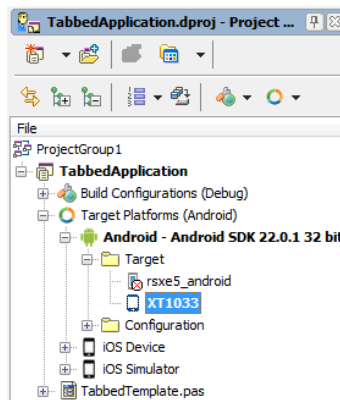
Na aba 'Cálculo', foi inserido ao lado dos campos 'Material 1:' e 'Material 2:' uma lupa, onde ao ser pressionada é possível selecionar o material desejado e ao selecionar, automaticamente o coeficiente *seebeck* do item é definido no campo.

Figura 20: Cálculo do efeito seebeck



Fonte: Elaborado pelo autor.

Por fim, foi configurado um celular Motorola Moto G e um Motorola Moto E para realizar os testes finais. Após a instalação dos drivers necessários e coloca-los no modo desenvolvimento, o *Delphi XE5* reconheceu os dispositivos sendo assim possível compilar o código e realizar os testes através dos aparelhos como pode-se observar na figura 21.

Figura 21: Dispositivo móvel reconhecido no *Delphi XE5*

Fonte: Elaborado pelo autor.

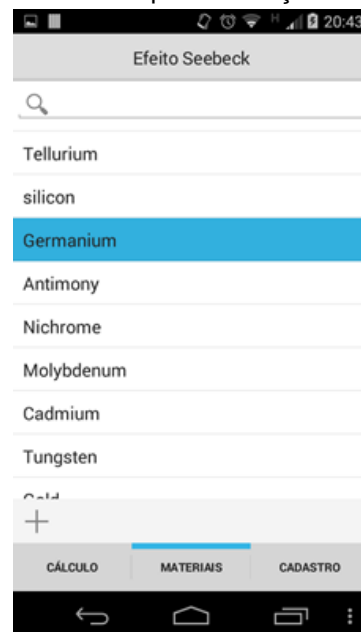
As figuras 22, 23 e 24 mostram o aplicativo rodando em um aparelho físico.

Figura 22: Ícone da aplicação no aparelho



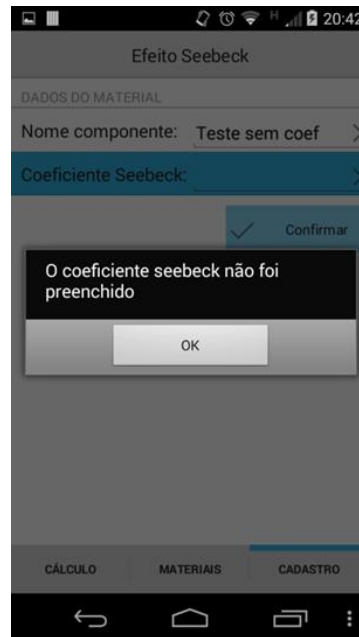
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 23: Exemplo de seleção na lista



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 6: Exemplo de validação do aplicativo



Fonte: Elaborado pelo autor

6.2 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados foram obtidos com sucesso, a começar pelo entendimento da importância da geração de energia elétrica a partir de formas alternativas às atualmente predominantes. Foi compreendido o conceito dos termopares e seu funcionamento, para que após isso, fosse possível verificar e entender o efeito seebeck nos mesmos.

O levantamento dos requisitos necessários para o funcionamento do sistema móvel, foi atingido com sucesso tendo em vista o comportamento esperado ao final do desenvolvimento.

O aplicativo teve o comportamento esperado inicialmente, onde através dele é possível simular o efeito seebeck em termopares, de forma simples e descomplicada. Nos testes realizados com o aplicativo, pode-se perceber que o mesmo tem um funcionamento estável. As transações com o banco de dados ocorrem corretamente, assim como os cálculos realizados.

Concluído o desenvolvimento do trabalho é possível realizar testes e estudos do efeito Seebeck nos termopares de maneira muito mais simples, podendo ser utilizados em uma grande gama de estudos que tem como base gerar energia a partir do efeito.

Sendo assim, todos os objetivos iniciais do trabalho foram atingidos com sucesso.

8 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do trabalho proposto foi atingido e a elaboração de um aplicativo para dispositivos móveis que seja capaz de simular o efeito *seebeck* em termopares, para que possibilite estudos e pesquisas sobre este tema de maneira mais simples e eficaz, utilizando recursos disponíveis para simular as variáveis de saída e entrada foi desenvolvido e teve o resultado esperado inicialmente.

Para que isso fosse possível foram realizadas pesquisas de comportamento de fórmulas, buscando o conhecimento do efeito. Também foi utilizado pesquisas em técnicas de simulação, a fim de ter melhor eficácia ao simular o efeito de forma informatizada.

Dessa forma foram utilizados todos os conhecimentos obtidos durante todo o projeto de pesquisa para o desenvolvimento do protótipo da aplicação. Após esse desenvolvimento, foram realizados testes com experimentos e fórmulas já comprovados, onde teve absoluto sucesso.

Ao realizar os testes no aplicativo, foi possível validar a facilidade em utilizar o sistema de forma rápida e descomplicada, como realmente deve ser um simulador para este fim.

O objetivo geral do trabalho foi atingido com êxito, tendo em vista que foi comprovado os resultados obtidos juntamente com a simplicidade de um simulador, onde poderá ser utilizado para fins de estudo do efeito de forma performática.

O sistema abre uma grande gama de possibilidades para trabalhos futuros, tendo em vista que pode-se agregar ao sistema várias outras possibilidades de simulações que enquadram energia termoelétricas utilizando termopar.

É possível incluir ao sistema o efeito *peutier*, que não foi implementado na aplicação experimental, assim como adicionar outras formas de simulação para o efeito *seebeck*.

Durante o desenvolvimento foram encontradas várias dificuldades relacionadas ao desenvolvimento para dispositivos móveis.

Os problemas mais complicados foram os relacionados a incluir o banco de dados no dispositivo e fazer com que o *Android* permitisse a leitura e gravação desse arquivo.

Outros entraves foram encontrados durante o desenvolvimento da aplicação, mas foram se resolvendo a medida que os estudos se aprofundavam.

Por fim, o trabalho teve realmente o resultado esperado, atingindo todos os itens propostos.

REFERÊNCIAS

- ABLESON, Frank. **Introdução ao desenvolvimento do Android**. 2009. Disponível em: <<http://www.ibm.com/developerworks/br/library/os-android-devel/>>. Acesso em: 08 jun. 2015.
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasília). **Energia eólica**. 2015. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica\(3\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica(3).pdf)>. Acesso em: 08 jun. 2015.
- ARAÚJO FILHO, Benedito de Sá. **Projeções do desvio de calibração e estudo da confiabilidade de termopares**. 1999. 141 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999. Disponível em: <<http://cutter.unicamp.br/document/?code=vtls000224696>>. Acesso em: 08 jun. 2015.
- BURNETTE, Ed. **Hello, Android**. Dallas: The Pragmatic Bookshelf, 2010.
- CARVALHO, Carlos Alfredo Rodrigues de. **Estudo da viabilidade do aproveitamento do calor de escape para a geração de energia elétrica em automóveis**. 2012. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2012. Disponível em: <http://www.btdt.unitau.br/tesdesimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=573>. Acesso em: 08 jun. 2015.
- COSTA, Miguel Antonio Bueno da. **Simulação de Sistemas**. 2002. Disponível em: <http://www.simucad.dep.ufscar.br/simucad/dn_sim_doc01.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2015.
- CRAVO, Pedro et al. **Energia**. 2013. Disponível em: <http://www.estig.ipbeja.pt/~pmmsc/git/energia_2.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2015.
- DEVELOPER ANDROID. **API Guide**. 2012. Disponível em: <<http://developer.android.com/guide/components/index.html>>. Acesso em: 08 jun. 2015.
- EBES, Empresa Brasileira de Energia Solar (Diadema). **Energia Fotovoltaica**. 2015. Disponível em: <<http://www.ebes.com.br/Energia-Fotovoltaica/Default.aspx>>. Acesso em: 08 jun. 2015.
- ELETOBRAS (Brasil). **A importância da energia elétrica**. 2015. Disponível em: <<http://www.eletobras.com/>>. Acesso em: 08 jun. 2015.
- ELETRONUCLEAR (Brasil). **Central Nuclear de Angra dos Reis**. 2015. Disponível em: <www.eletronuclear.gov.br/>. Acesso em: 08 jun. 2015.
- ESPOSITO, Alexandre Siciliano. **Competitividade da termoeletricidade movida a gás natural no Brasil: estudo de caso de um sistema predominantemente hidroelétrico**. 2004. 204 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Economia,

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/CapitalHumano/Arquivos/PRH21/Alexandre-Siciliano-Esposito_PRH21_UFRJ_M.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2015.

EXACTA, Indústria e Comércio de Sensores (São Paulo). **Sugestão de ligação de termopares**. 2015. Disponível em: <<http://www.exacta.ind.br/index.php?p=conteudo&id=200>>. Acesso em: 08 jun. 2015.

FARIAS, Sandro Ricardo Alves. **Protótipo de um microgerador termoelétrico de estado sólido: cogeração a gás**. 2009. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia do Petróleo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009. Disponível em: <<http://repositorio.ufrn.br:8080/jspui/bitstream/123456789/12904/1/SandroRAFpdf.pdf>>. Acesso em: 08 jun. 2015.

GARGENTA, Marko. **Learning Android**. Sebastopol: O'reilly, 2011.

GOMEZ, Luiz Alberto. **Definição, leis básicas e circuitos a termopar**. 2015. Disponível em: <<http://labeee.ufsc.br/~luis/ecv4211/Apostilas/termopares.PDF>>. Acesso em: 08 jun. 2015.

IOPE, Instrumentos de Precisão. (São Paulo). Termopares. 2015. Disponível em: <http://www.iope.com.br/index_port.htm>. Acesso em: 08 jun. 2015.

ITAIPU (Brasil). **Usinas Hidrelétricas**. 2015. Disponível em: <www.itaipu.gov.br>. Acesso em: 08 jun. 2015.

INFO (Brasil). **Moinhos de energia eólica**. 2015. Disponível em: <www.info.abril.com.br>. Acesso em: 08 jun. 2015.

KAWATA, Fabricio Hissao. **Novidades do Delphi XE5**. 2015. Disponível em: <<http://www.devmedia.com.br/novidades-do-delphi-xe5/29707>>. Acesso em: 08 jun. 2015.

MAGALHÃES, Murilo Vill. **Estudo de utilização da energia eólica como fonte geradora de energia no Brasil**. 2009. 50 f. Monografia (Especialização) - Curso de Economia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. Disponível em: <<http://tcc.bu.ufsc.br/Economia291554>>. Acesso em: 08 jun. 2015.

MATSSURA, P. J. **Aplicação dos simuladores de voo no desenvolvimento e avaliação de aeronaves e periféricos**. São José dos Campos: ITA, 1996.

MOURA, José Américo de Sousa. **Filmes nanométricos de FeN e AlN crescidos por sputtering e aplicações do efeito peltier**. 2010. 147 f. Tese (Doutorado) - Curso de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010. Cap. 6. Disponível em: <http://www.univasf.edu.br/~joseamerico.moura/index_arquivos/Cap6.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2015.

PEREIRA, Douglas Monteiro et al. **Tecnologias interativas: simuladores e jogos educativos aplicados à motivação da educação infantil**. 2010. Disponível em: <<http://www.facos.edu.br/old/galeria/128022011101636.pdf>>. Acesso em: 08 jun. 2015.

PEREIRA, Lúcio Camilo Oliva; SILVA, Michel Lourenço da. **Android para desenvolvedores**. Rio de Janeiro: Brasport, 2009.

POLOZINE, Alexandre; COLOMBO, Tiago; SCHAEFFER, Lirio. **Termoeletricidade de seebeck aplicada no forjamento a quente**. 2014. Disponível em: <<http://www.revistaforge.com.br/artigo-tecnico/termoeletricidade-de-seebeck-aplicada-no-forjamento-a-quente/2913>>. Acesso em: 08 jun. 2015.

SANT'ANA, Paulo Henrique de Mello (Org.). **Além das grandes hidrelétricas: Políticas para fontes renováveis de energia elétrica no Brasil**. 2012. Disponível em: <http://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/alem_de_grandes_hidreletricas_su_mario_para_tomadores_de_decisao.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2015.

SALIBY, Eduardo. **Tecnologia de informação: uso da simulação para obtenção de melhorias em operações logísticas**. 1999. Disponível em: <<http://www.ilos.com.br/web/?tag=tecnologia-da-informacao>>. Acesso em: 08 jun. 2015.

SANTOS, Alison Alves dos. et al. **Projeto de geração de energia eólica**. 2006. 75 f. Projeto de TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Industrial e Mecânica, Universidade de Santa Cecília, Santos, 2006. Cap. 75. Disponível em: <<http://cursos.unisanta.br/mecanica/polari/energiaeolica-tcc.pdf>>. Acesso em: 08 jun. 2015.

UCHÔA JÚNIOR, Frédick Silva. **Uma análise comparativa entre ambientes de simulação e linguagens de propósito geral para o desenvolvimento de simulações**. 2006. 82 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia da Computação, Universidade de Pernambuco, Recife, 2006. Disponível em: <<http://tcc.ecomp.poli.br/20061/FredickSilva.pdf>>. Acesso em: 08 jun. 2015.

VEJA (Brasil). **Usina Termoelétrica**. 2015. Disponível em: <www.veja.abril.com.br>. Acesso em: 08 jun. 2015.

APÊNDICE A: Artigo

Aplicação experimental de um simulador do efeito *Seebeck* em termopares para *Android*

Henrique Piazza Luciano¹, Sérgio Coral¹

¹Curso de Ciência da Computação – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(UNESC) – Criciúma – SC – Brasil

HenriquePL3@hotmail.com

Abstract. *Employing the Seebeck effect thermoelectric power generators can convert heat into electricity discarded in industrial processes. The aim of the study was to develop a mobile application that can simulate the effect Seebeck thermocouple. To perform the tests in the application, it was possible to validate the ease in using the system in a quick and uncomplicated way, as it really should be the behavior of a simulator for this purpose. It was found that the system opens a wide range of possibilities for further work, considering that can be added to the system various other possibilities simulations that fall power using thermoelectric thermocouple. It is possible to add to the system the peutier effect, which was not implemented in the experimental implementation, as well as adding other forms of simulation for the Seebeck effect.*

Resumo. *Empregando o efeito seebeck, geradores de potência termoelétricos podem converter em eletricidade o calor rejeitado em processos industriais. O objetivo do estudo foi desenvolver um aplicativo móvel capaz de simular o efeito seebeck em termopares. Ao realizar os testes no aplicativo, foi possível validar a facilidade em utilizar o sistema de forma rápida e descomplicada, como realmente deve ser o comportamento de um simulador para este fim. Verificou-se que o sistema abre uma grande gama de possibilidades para trabalhos futuros, tendo em vista que pode-se agregar ao sistema várias outras possibilidades de simulações que enquadram energia termoelétricas utilizando termopar. É possível incluir ao sistema o efeito peutier, que não foi implementado na aplicação experimental, assim como adicionar outras formas de simulação para o efeito seebeck.*

1. Introdução

As formas de gerar energia que são responsáveis por abastecerem os países atualmente, em sua maioria utilizam combustíveis fósseis ou projetos de grande escala e complexidade, onde é gerado poluição e degradação ao meio ambiente. As formas alternativas de se obter energia estão sendo muito estudadas e colocadas em prática devido a envolverem menores custos e são em grande parte amigáveis ao meio ambiente.

A simulação tem papel muito importante no desenvolvimento de estudos e pesquisas. A partir do momento que se obtém um simulador, ele se torna imprescindível para os estudos e testes de um determinado assunto.

O desenvolvimento deste trabalho tem como escopo a elaboração de um sistema móvel para plataforma Android, capaz de simular o efeito seebeck em termopares, onde possibilitará futuros estudos e pesquisas sobre este tema de maneira mais simples e eficaz,

utilizando recursos disponíveis para simular as variáveis de entrada e saída, evitando assim ter que promover experiências e cálculos a cada vez que for preciso obter dados.

Dessa forma, neste estudo, apresenta-se as problemáticas da geração de energia limpa e a elaboração de um sistema móvel, voltado à simulação e o apoio à estudos do efeito seebeck em termopar.

2. DEFINIÇÃO DE ENERGIA

Para Kaehler (2000, apud MAGALHÃES, 2009) segundo a acepção da física, energia é a aptidão de gerar trabalho. Ademais, a energia é, também, considerada um fator de produção, tornando-se um insumo importante para impulsionar o desenvolvimento econômico do país.

Os tipos de energia que existem atualmente se dividem, basicamente, em dois grupos de acordo com a sua fonte. Ou seja, se dividem em energia não renováveis e renováveis. Para Santos et al (2006), energia de fonte não-renovável são aquelas que se encontram na natureza em uma quantidade limitada e podem ser extintas com sua utilização, como por exemplo, os combustíveis fósseis (carvão, petróleo bruto e gás natural) e o urânio, matéria prima utilizada para se obter a energia resultante do processo de fusão nuclear.

2.1 Importância da energia

Segundo informações retiradas do site da Eletrobrás (2015), a eletricidade é a principal fonte de luz, calor e força empregada no mundo contemporâneo. Algumas atividades simples como assistir à televisão ou navegar na internet, por exemplo, somente são possíveis porque a energia elétrica chega às residências. Ainda assim, fábricas, supermercados, shoppings e uma variedade de outros lugares necessitam da energia para manterem-se em funcionamento. Nessa perspectiva, é possível afirmar que a maior parte dos avanços tecnológicos alcançados pelo homem foi devido à energia elétrica.

Para Cravo et al (2013), tudo o que acontece á nossa volta é provocado pela energia. É, ela que faz com que tudo funcione. A palavra energia deriva do grego e significa que contém trabalho, pode-se dizer que, energia, é a capacidade de produzir trabalho, e a palavra energia, sempre está associada ao conceito de matéria e movimento.

3. FORMAS DE OBTER ENERGIA

A energia elétrica é obtida através de todos os outros tipos de energia, a eletricidade é transportada e chega aos consumidores no mundo inteiro a partir de sistemas elétricos complexos, formados por quatro etapas: geração, transmissão, distribuição e consumo. (ELETROBRAS, 2015).

Conforme as informações retiradas do site da Eletrobrás (2015), no Brasil, a energia elétrica vem, primeiramente, de usinas hidrelétricas, depois de termelétricas, e, por último de usinas nucleares.

4. TERMOELETRICIDADE

A termoeletricidade é a conversão da diferença de temperatura em energia elétrica e vice-versa. Dois efeitos fazem parte da termoeletricidade, o efeito seebeck e o efeito Peltier.

Segundo Farias (2009, p. 19) “os materiais termoelétricos têm potencial para gerar uma gama inteiramente nova de produtos, capazes de transformar o calor desperdiçado em eletricidade aproveitável”.

Assim, pode se dizer que a geração termoelétrica é bastante atrativa se comparada às outras tecnologias de produção de pequenas quantidades de energia elétrica, principalmente quando aplicados em áreas remotas. Por isso, a tecnologia termoelétrica vem ganhando cada vez mais aplicações onde se requer confiabilidade alta e baixo custo de manutenção (FARIAS, 2009).

4.1 Desperdício de energia térmica

Desperdício de energia térmica no processo de forjamento a quente ocupa uma posição importante entre os principais processos de fabricação de peças metálicas. Durante milênios e até numa época recente, o forjamento de metais e suas ligas era a base sólida para o progresso tecnológico da humanidade. (POLOZINE; COLOMBO; SCHAEFFER, 2014).

Segundo os autores, a temperatura inicial de forjamento a quente é elevada devido a necessidade de deformação plástica dos materiais forjados com a força mínima de conformação, e, no caso de forjamento de aços, pode ultrapassar os 1200°C. As perdas térmicas que acompanham os processos de forjamento a quente, de escala industrial, são grandes. (POLOZINE; COLOMBO; SCHAEFFER, 2014).

Segundo os autores, a temperatura inicial de forjamento a quente é elevada devido a necessidade de deformação plástica dos materiais forjados com a força mínima de conformação, e, no caso de forjamento de aços, pode ultrapassar os 1200°C. As perdas térmicas que acompanham os processos de forjamento a quente, de escala industrial, são grandes. (POLOZINE; COLOMBO; SCHAEFFER, 2014). Uma das forjarias mais modernas, a empresa Dana, localizada em Gravataí, estado do Rio Grande do Sul, joga no ar hoje uma quantidade de energia térmica na forma de calor residual que custa cerca de R\$16.000.000,00 (dezesesseis milhões de reais). Na prática, o calor residual reaproveitado é usado geralmente em aquecedores de água, mas na maior parte dos casos, esse calor não possui utilidade econômica e é lançado no meio ambiente, causando impacto ambiental negativo. (POLOZINE; COLOMBO; SCHAEFFER, 2014).

4.2 Termopares

Segundo informações retiradas do site da IOPE – Instrumentos de Previsão (2015), os Termopares são sensores de maior uso industrial para medição de temperatura. Eles cobrem uma faixa bastante extensa de temperatura que vai de -200 a 2300°C aproximadamente, com uma boa precisão e repetibilidade aceitável, tudo isto a um custo que se comparado com outros tipos de sensores de temperatura são mais econômicos. Ou seja, termopar é o elemento primário de medida de temperatura constituído por dois materiais distintos ligados um ao outro.

Figura 1 - Modelo de termopar



Fonte: EXACTA (2015).

A medição de temperatura dos termopares parte do princípio de que dois condutores metálicos diferentes e unidos nas suas extremidades, quando expostos a uma variação de temperatura, gera uma força eletromotriz (F.E.M.).

4.3 Associação em termopares

Nos processos industriais existem vários tipos de medição de temperatura utilizando os termopares, cada um conforme seu objetivo (EXACTA, 2015).

4.4 Associação em série

Quando for necessário ampliar o sinal elétrico gerado pelos termopares é realizado a associação dos mesmos em série (EXACTA, 2015).

A associação em série dos termopares, também chamada de termopilha é a soma das forças eletromotrizes (F.E.M.) de cada par que é constituída. (GOMEZ, 2015).

4.5 Associação em paralelo

A associação de termopares em paralelo é dado pela média aritmética das suas f.e.m., ou seja, quando for necessário realizar medições de médias de temperaturas, pode-se utilizar os termopares em paralelo (GOMEZ, 2015).

4.6 Aplicações termoelétricas

Os materiais termoelétricos são utilizados para o aquecimento e resfriamento dos bancos dos carros de luxo. Porém, os engenheiros querem utilizá-los de maneira mais eficiente gerando eletricidade que ajudará a movimentar veículos com um menor consumo de combustível. (FARIAS, 2009).

Todavia, o emprego de termogeradores em áreas remotas é ponderado como um dos principais usos para este tipo de equipamento, indo das aplicações espaciais até as domésticas.

Por fim, o autor ainda cita a utilização da tecnologia das termopilhas pela aeronáutica, que desenvolveu-se como uma necessidade, indubitavelmente, após a corrida espacial nos

anos 60, já que esses dispositivos tornaram-se insubstituíveis para sistemas de refrigeradores de pequeno porte e peso sem partes móveis e sem fluídos pressurizados, aliados ao fato de que as características extraordinárias dos materiais semicondutores mostram uma performance bastante satisfatória para justificar, após, o seu emprego comercial. (FARIAS, 2009).

4.7 Efeitos termoeletricos

Para José Américo Moura (2010, p. 98), “os efeitos termoeletricos são aqueles em que energia térmica e elétrica possam ser convertidas de uma forma para outra. Entre estes, de grande utilidade prática temos os efeitos seebeck e o efeito Peltier”.

Ou seja, por efeitos termoeletricos entende-se como um aglomerado de fenômenos físicos que relacionam a temperatura com as propriedades elétricas dos materiais.

4.8 Efeito Seebeck

Thomas Seebeck descobriu o efeito seebeck, em 1821, é uma tensão criada quando dois metais são ligados formando uma junção e esta é aquecida. Este é o fenômeno de muito utilizado pelos engenheiros para auferir de forma precisa a temperatura com o que chamamos de termopares. (MOURA, 2010).

No mesmo sentido, Araújo Filho (1999) afirma que, foi em 1821 que T. J Seebeck descobriu que em um circuito formado por dois condutores metálicos diversos, se uma das junções tiver à temperatura T^1 e a outra numa temperatura T^2 , uma corrente percorrerá o circuito constituído pelos dois condutores. Esta corrente vai existir enquanto houver essa diferenciação de temperatura entre as junções. A força eletromotriz que dá origem a essa corrente, é denominada de seebeck, sendo de forma direta proporcional à diferença de temperatura entre as junções.

Ademais, para geração termoeletrica o efeito seebeck é otimizado com a utilização de materiais semicondutores (MOURA, 2013).

Ao utilizarmos a formula do efeito considerando os seus coeficientes constantes em uma certa temperatura, a formula expressada pode ser aproximada por:

$$E = (S_B - S_A) \cdot (T_2 - T_1).$$

Onde a (F.E.M) é dada pela diferença do coeficiente dos dois materiais multiplicado pela diferença da temperatura dos mesmos (MOURA, 2013).

5 SIMULAÇÃO

Para Eduardo Saliby (1999), a simulação pode ser entendida como o uso de modelos para o estudo de problemas reais de natureza complexa, através da experimentação computacional. Dessa forma, a simulação consiste no processo de elaboração de um exemplo que replica o funcionamento de um sistema real ou idealizado e na condução de experimentos computacionais com este modelo com o escopo de melhor compreender o problema em análise, testar distintas alternativas para sua operação e igualmente propor melhores formas de operá-lo.

A simulação é retratada pelo processo de projetar um modelo de sistema real, afim de entender o comportamento do sistema ou avaliar novas estratégias a par de limites impostos por alguns critérios, ou um conjunto deles para operar um sistema (SHANNON, 1975, APUD COSTA, 2002)

Uma característica comum aos simuladores é a tentativa do fornecimento de uma imitação operacional da atividade real. Podemos ter vários níveis de abstração e de envolvimento humano em uma simulação (MATSSURA, 1996).

6 TECNOLOGIA

As Tecnologias podem surgir da criação ou então da transformação de recursos tecnológicos já existentes. A partir da combinação de diferentes técnicas pode-se melhorar os processos já existentes ou atingir novos propósitos.

6.1 ANDROID

A plataforma Android foi iniciado pela Open Handset Alliance, um grupo de organizações colaborando para a construção de um telefone móvel melhor. O grupo foi liderado pela Google, onde incluiu operadores de telefonia móvel, fabricantes de aparelhos portáteis, fabricantes de componentes, provedores de plataformas, soluções de software e empresas de marketing (ABLESON, 2009).

O Android foi desenvolvido com base na versão 2.6 do Kernel do Linux, onde possui uma arquitetura bem estruturada e baseada em camadas, de forma a tratar isoladamente as funções de aplicações, execuções paralelas, serviços centrais, entre outros (PEREIRA; SILVA, 2009).

6.2 Embarcadero Delphi XE5

Atualmente o estágio do mercado corporativo é a mobilidade, isso reflete diretamente no cenário do desenvolvimento de software. Cumprindo com sua premissa de manter-se atualizado nas principais tendências, o Delphi XE5 tem suporte nativo para as duas principais plataformas móveis do atual cenário: Android e iOS (KAWATA, 2015).

O maior atrativo nessa versão do Delphi é o suporte ao desenvolvimento móvel Android. Apesar de uma dificuldade inicial para o desenvolvimento em plataforma Android, a proposta do Embarcadero é manter o processo do desenvolvimento parecido com o desenvolvimento em sistemas já desenvolvidos para desktop, desta forma, reaproveitando o conhecimento que o desenvolvedor obteve ao longo dos anos (KAWATA, 2015).

7 Embarcadero Delphi XE5

Para que fosse possível criar um aplicativo móvel para simular o efeito seebeck em termopar, foi preciso realizar todo o levantamento de dados a partir do estudo do efeito Seebeck e os cálculos e formas de ligações existentes.

Ao realizar uma análise do que seria preciso desenvolver no sistema foram levantados os seguintes pontos:

- Cadastrar componentes e seus respectivos coeficientes Seebeck.
- Consultar materiais.
- Simular a tensão gerada de um ou mais termopares de um mesmo tipo ligados em série ou paralelo.

Após definido os requisitos do aplicativo foi criado uma aplicação no Delphi XE5 do tipo 'FireMonkey Mobile Application', com o modelo pré-definido 'Header/Footer with Navigation'.

Foram inseridos os componentes para que fosse possível calcular a tensão gerada pelo efeito seebeck, de forma que pode-se incluir vários termopares iguais com temperaturas distintas, podendo associa-los em série ou paralelo.

Ao pressionar o botão 'Incluir Termopar' é gerado uma nova linha na grade, desta forma, deve-se incluir as temperaturas de cada material no novo termopar.

Através do código fonte contido no evento de clique do botão, é realizado as validações necessárias dos dados inseridos pelo usuário, realizado o cálculo conforme o usuário configurou e mostrado na tela o resultado.

Depois de realizado parte do desenvolvimento da tela principal foi implementado a aba 'Cadastro', na qual é possível cadastrar os materiais e seus respectivos coeficientes seebeck disponíveis nos termopares.

Para que fosse possível cadastrar os materiais, foi criado um banco de dados a partir da biblioteca 'SQLite' utilizando as ferramentas nativas do Delphi XE5.

No banco de dados foi criada uma tabela simples apenas com as colunas necessárias para armazenar o nome e o coeficiente seebeck do material.

Após a criação do banco de dados foi preciso incluir o arquivo do mesmo na instalação, para que ao instalar o aplicativo no aparelho o banco de dados seja transferido em conjunto.

Para isso foi utilizado a opção 'Deployment TabbedApplication', onde é possível incluir arquivos que se deseja transferir para o aparelho.

O banco de dados foi inserido no Remote Path '\assets\internal\' que é um local padrão para aplicações desenvolvidas em Android, pode-se visualizar a configuração na figura 14 onde é destacado o arquivo em questão.

Com o banco de dados rodando de forma correta na aplicação, foi possível criar os componentes para inserção dos dados na tabela anteriormente criada.

Foi criado o componente 'TListBox', onde é exibido um registro por vez na forma de cadastro, no botão confirma foi desenvolvido o algoritmo de inserção dos dados no banco de dados.

Foi utilizado o componente 'TSQLQuery' com o nome 'Geral' para realizar a transações de gravação no banco de dados.

Com o cadastro de novos registros funcionando corretamente, foi realizado a implementação da tab de consulta dos dados inseridos. Através dela é possível selecionar, procurar e consultar os registros gravados no banco de dados.

Para que isso fosse possível foi utilizado os componentes 'TSQLDataSet', 'TBindingList', 'TSQLConnection' e 'TBindSourceDB'.

Foi codificada a parte de procura dos registros na lista, onde é possível procurar os materiais listados. A pesquisa é realizada em tempo real, ou seja, a cada letra digitada a busca é atualizada de forma automática.

Finalizando o desenvolvimento da listagem dos materiais, foi implementado a função de busca dos registros através da página principal.

Na aba 'Cálculo', foi inserido ao lado dos campos 'Material 1:' e 'Material 2:' uma lupa, onde ao ser pressionada é possível selecionar o material desejado e ao selecionar, automaticamente o coeficiente seebeck do item é definido no campo.

Por fim, foi configurado um celular Motorola Moto G e um Motorola Moto E para realizar os testes finais. Após a instalação dos drivers necessários e coloca-los no modo desenvolvimento, o Delphi XE5 reconheceu os dispositivo sendo assim possível compilar o código e realizar os testes através dos aparelhos.

7 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do trabalho proposto foi atingido e a elaboração de um aplicativo para dispositivos móveis que seja capaz de simular o efeito seebeck em termopares, para que possibilite estudos e pesquisas sobre este tema de maneira mais simples e eficaz, utilizando recursos disponíveis para simular as variáveis de saída e entrada foi desenvolvido e teve o resultado esperado inicialmente.

Dessa forma foram utilizados todos os conhecimentos obtidos durante todo o projeto de pesquisa para o desenvolvimento do protótipo da aplicação. Após esse desenvolvimento, foram realizados testes com experimentos e fórmulas já comprovados, onde teve absoluto sucesso.

Outros entraves foram encontrados durante o desenvolvimento da aplicação, mas foram se resolvendo a medida que os estudos se aprofundavam.

Por fim, o trabalho teve realmente o resultado esperando, atingindo todos os itens propostos.

Referências

ABLESON, Frank. Introdução ao desenvolvimento do Android. 2009. Disponível em: <<http://www.ibm.com/developerworks/br/library/os-android-devel/>>. Acesso em: 08 jun. 2015.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasília). Energia eólica. 2015. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica\(3\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica(3).pdf)>. Acesso em: 08 jun. 2015.

ARAÚJO FILHO, Benedito de Sá. Projeções do desvio de calibração e estudo da confiabilidade de termopares. 1999. 141 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999. Disponível em: <<http://cutter.unicamp.br/document/?code=vtls000224696>>. Acesso em: 08 jun. 2015.

BURNETTE, Ed. Hello, Android. Dallas: The Pragmatic Bookshelf, 2010.

CARVALHO, Carlos Alfredo Rodrigues de. Estudo da viabilidade do aproveitamento do calor de escape para a geração de energia elétrica em automóveis. 2012. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2012. Disponível em: <http://www.bdtd.unitau.br/tesesimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=573>. Acesso em: 08 jun. 2015.

COSTA, Miguel Antonio Bueno da. Simulação de Sistemas. 2002. Disponível em: <http://www.simucad.dep.ufscar.br/simucad/dn_sim_doc01.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2015.

CRAVO, Pedro et al. Energia. 2013. Disponível em: <http://www.estig.ipbeja.pt/~pmmsc/git/energia_2.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2015.

DEVELOPER ANDROID. API Guide. 2012. Disponível em: <<http://developer.android.com/guide/components/index.html>>. Acesso em: 08 jun. 2015.

- EBES, Empresa Brasileira de Energia Solar (Diadema). Energia Fotovoltaica. 2015. Disponível em: <<http://www.ebes.com.br/Energia-Fotovoltaica/Default.aspx>>. Acesso em: 08 jun. 2015.
- ELETRONUCLEAR (Brasil). Central Nuclear de Angra dos Reis. 2015. Disponível em: <www.eletronuclear.gov.br/>. Acesso em: 08 jun. 2015.
- ESPOSITO, Alexandre Siciliano. Competitividade da termoeletricidade movida a gás natural no Brasil: estudo de caso de um sistema predominantemente hidroelétrico. 2004. 204 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/CapitalHumano/Arquivos/PRH21/Alexandre-Siciliano-Esposito_PRH21_UFRJ_M.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2015.
- EXACTA, Indústria e Comércio de Sensores (São Paulo). Sugestão de ligação de termopares. 2015. Disponível em: <<http://www.exacta.ind.br/index.php?p=conteudo&id=200>>. Acesso em: 08 jun. 2015.
- FARIAS, Sandro Ricardo Alves. Protótipo de um microgerador termoelétrico de estado sólido: cogeração a gás. 2009. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia do Petróleo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009. Disponível em: <<http://repositorio.ufrn.br:8080/jspui/bitstream/123456789/12904/1/SandroRAFpdf.pdf>>. Acesso em: 08 jun. 2015.
- GARGENTA, Marko. Learning Android. Sebastopol: O'reilly, 2011.
- GOMEZ, Luiz Alberto. Definição, leis básicas e circuitos a termopar. 2015. Disponível em: <<http://labeee.ufsc.br/~luis/ecv4211/Apostilas/termopares.PDF>>. Acesso em: 08 jun. 2015.
- ITAIPU (Brasil). Usinas Hidrelétricas. 2015. Disponível em: <www.itaipu.gov.br>. Acesso em: 08 jun. 2015.
- KAWATA, Fabricio Hissao. Novidades do Delphi XE5. 2015. Disponível em: <<http://www.devmedia.com.br/novidades-do-delphi-xe5/29707>>. Acesso em: 08 jun. 2015.
- MAGALHÃES, Murilo Vill. Estudo de utilização da energia eólica como fonte geradora de energia no Brasil. 2009. 50 f. Monografia (Especialização) - Curso de Economia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. Disponível em: <<http://tcc.bu.ufsc.br/Economia291554>>. Acesso em: 08 jun. 2015.

- MATSSURA, P. J. Aplicação dos simuladores de voo no desenvolvimento e avaliação de aeronaves e periféricos. São José dos Campos: ITA, 1996.
- MOURA, José Américo de Sousa. Filmes nanométricos de FeN e AlN crescidos por sputtering e aplicações do efeito peltier. 2010. 147 f. Tese (Doutorado) - Curso de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010. Cap. 6. Disponível em: <http://www.univasf.edu.br/~joseamerico.moura/index_arquivos/Cap6.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2015.
- PEREIRA, Douglas Monteiro et al. Tecnologias interativas: simuladores e jogos educativos aplicados à motivação da educação infantil. 2010. Disponível em: <<http://www.facos.edu.br/old/galeria/128022011101636.pdf>>. Acesso em: 08 jun. 2015.
- PEREIRA, Lúcio Camilo Oliva; SILVA, Michel Lourenço da. Android para desenvolvedores. Rio de Janeiro: Brasport, 2009.
- POLOZINE, Alexandre; COLOMBO, Tiago; SCHAEFFER, Lirio. Termoeletricidade de seebeck aplicada no forjamento a quente. 2014. Disponível em: <<http://www.revistaforge.com.br/artigo-tecnico/termoeletricidade-de-seebeck-aplicada-no-forjamento-a-quente/2913>>. Acesso em: 08 jun. 2015.
- SANT'ANA, Paulo Henrique de Mello (Org.). Além das grandes hidrelétricas: Políticas para fontes renováveis de energia elétrica no Brasil. 2012. Disponível em: <http://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/alem_de_grandes_hidreletricas_sumario_para_tomadores_de_decisao.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2015.
- SALIBY, Eduardo. Tecnologia de informação: uso da simulação para obtenção de melhorias em operações logísticas. 1999. Disponível em: <<http://www.ilos.com.br/web/?tag=tecnologia-da-informacao>>. Acesso em: 08 jun. 2015.
- SANTOS, Alison Alves dos. et al. Projeto de geração de energia eólica. 2006. 75 f. Projeto de TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Industrial e Mecânica, Universidade de Santa Cecília, Santos, 2006. Cap. 75. Disponível em: <<http://cursos.unisanta.br/mecanica/polari/energiaeolica-tcc.pdf>>. Acesso em: 08 jun. 2015.