UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Documento assinado digitalmente
HELENA FLAVIA NASPOLINI
Data: 25/03/2022 14:47:06-0300
CPF: 289.588.109-04
Verifique as assinaturas em https://v.ufsc.br

ASSINATURA E CARIMBO
DO ORIENTADOR

10,0 (dez ponto zero)

NOTA

Matheus Hohmann

Avaliação de métodos para aferição de estado de saúde em baterias de segunda vida

Florianópolis
2022

Avaliação de métodos para aferição de estado de saúde em baterias de segunda vida

Florianópolis, março de 2022.



Documento assinado digitalmente
Matheus Hohmann
Data: 25/03/2022 15:17:04-0300
CPF: 104.126.909-93
Verifique as assinaturas em https://v.ufsc.br

Matheus Hohmann



Documento assinado digitalmente
HELENA FLAVIA NASPOLINI
Data: 25/03/2022 14:48:45-0300
CPF: 289.588.109-04
Verifique as assinaturas em https://v.ufsc.br

Profª. Helena Flávia Naspolini, Drª.
Orientadora



Documento assinado digitalmente
Aline Kirsten Vidal de Oliveira
Data: 25/03/2022 15:16:14-0300
CPF: 063.634.209-38
Verifique as assinaturas em https://v.ufsc.br

Aline Kirsten Vidal de Oliveira, Msª.
Coorientadora

SUMÁRIO

1 OBJETIVOS 7
1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 7
2 MOTIVAÇÃO 9
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....11
4 METODOLOGIA.....13
5 CRONOGRAMA.....15
REFERÊNCIAS.....17

1 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo analisar diferentes métodos de medição do estado de saúde de baterias de íons de lítio de segunda vida, definir o método mais adequado para tais medições de acordo com a literatura e realizar testes para validar sua aplicabilidade em baterias retiradas de carros elétricos.

1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar uma pesquisa bibliográfica associada ao tema, que inclua diferentes métodos utilizados na literatura para análise de estado de saúde das baterias de lítio;
- Analisar os métodos utilizados na literatura para determinação dos parâmetros elétricos de baterias de segunda vida;
- Comparar os testes da literatura de acordo com sua efetividade, rapidez e praticidade de realização;
- Escolher um entre os métodos analisados e elaborar o procedimento para sua realização;
- Testar o método escolhido em baterias retiradas de carros elétricos;
- Validar os resultados com a revisão da literatura realizada.

2 MOTIVAÇÃO

Os veículos elétricos (VEs) são considerados uma das soluções mais promissoras para a descarbonização do setor dos transportes, sendo as baterias de íons de lítio uma das tecnologias chaves para permitir a viabilidade técnico-econômica dos VEs adotados em massa. Essas baterias serão utilizadas nos VEs por cerca de 5 anos antes de serem descartadas, momento em que preservam 70% - 80% de sua capacidade inicial (SAXENA *et al.*, 2015). Essas baterias, não mais utilizáveis para aplicações de eletromobilidade, ainda seriam capazes de fornecer serviços de armazenamento de energia em outras aplicações menos exigentes (MARTINEZ-LASERNA *et al.*, 2018)

A pauta de reutilização de baterias tem sido abordada desde o surgimento dos primeiros modelos de VEs comerciais, e vários estudos avaliaram a viabilidade econômica do uso da chamada bateria de segunda vida (CREADY *et al.*, 2003). Reutilizar baterias de VEs garante a extensão de vida útil para um produto que, de outra forma, estaria em estágio de descarte. Este fato está chamando cada vez mais a atenção de importantes fabricantes como Nissan-Renault, BMW, Tesla ou Daimler (GOHLA-NEUDECKER; BOWLER; MOHR, 2015).De acordo com um estudo da Bloomberg New Energy Finance (BNEF), o mercado global de baterias de segunda vida poderia atingir 26 GWh em 2025 (MARTIN, s.d.). Reutilizar esta quantidade significativa de baterias representa uma grande oportunidade não apenas para a indústria automotiva, mas também para outros setores do mercado como um todo. Além disso, além de uma motivação puramente econômica, as baterias de segunda vida representam uma alternativa a outras soluções de armazena- mento de energia, o que poderia evitar ou adiar a fabricação de novos sistemas, levando a mitigações indiretas de questões ambientais.

Neste contexto, o termo Primeira Vida (PV) é aplicado ao seu uso como armazenamento de energia nos VEs, enquanto o termo Segunda Vida (SV) se refere à sua etapa de reutilização. As aplicações potenciais de SL para essas baterias são principalmente estacionárias, com perfis operacionais menos exigentes do que em PV, e em que a potência volumétrica e a densidade de energia não são tão críticas como nos VEs (BRACO; SAN MARTÍN *et al.*, 2020). De acordo com um relatório publicado pela Comissão Europeia, uma das aplicações mais promissoras da SV é o armazenamento de energia em instalações fotovoltaicas a nível residencial (PODIAS *et al.*, 2018).

De um lado, várias contribuições técnicas relacionadas ao desempenho da bateria de SV foram relatadas de diferentes perspectivas. A primeira abordagem é o uso de ferramentas de simulação, que empregam modelos matemáticos e físicos para analisar o funcionamento da bateria. Esses estudos encontraram cenários viáveis para SV, como micro-redes isoladas, integração de energia solar e gerenciamento de energia com a rede (ALHARBI; BHATTACHARYA; KAZERANI, 2019; ASSUNÇÃO; MOURA; DE

ALMEIDA, 2016). Um fator chave apontado pela pesquisa de simulação para reduzir

o desempenho e durabilidade das células SV é a degradação dos parâmetros internos, principalmente capacidade e resistência interna (BERRUETA *et al.*, 2019). Portanto, a quantificação da degradação e reconfiguração da conexão elétrica entre células foram anali- sadas a fim de melhorar o desempenho da SV (BRACO; MARTÍN *et al.*, 2019). Além dos estudos de simulação, várias contribuições experimentais avaliaram o funcionamento de bancos de baterias reutilizados em diferentes aplicações. Estes projetos cobrem aspectos técnicos relacionados ao controle e gerenciamento de bateria em várias implementações com diferentes requisitos de armazenamento e energia. As baterias de SV provaram ser um sistema de armazenamento de energia viável para aplicações que vão desde especificações de alta potência, como serviços de regulação de frequência, até requisitos de alta energia e gestão energética quando se fala à nível residencial (LI *et al.*, 2017).

Uma das grandes dificuldades da utilização em massa das baterias de SV é a testagem, separação e escolha das baterias que poderão ser reutilizadas (MARTINEZ-LASERNA *et al.*, 2018). Esses métodos têm sido alvo de estudos, pois a medição do estado de saúde das baterias pode ser realizada por diversos métodos, que avaliam diferentes parâmetros elétricos das baterias, como a resistência interna e a capacidade. A praticidade,
o tempo necessário para as medições e os custos envolvidos, além da acurácia das medições são fatores que afetam a escolha do melhor método para realizar esta avaliação.

Em razão do grande interesse do mercado e meio acadêmico no tema, este trabalho tem o objetivo de de realizar um estudo das diversas metodologias apresentadas na literatura para quantificação da degradação da bateria de SV para a escolha de um dos métodos para ser testado e avaliado.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Dentro da introdução serão abordados alguns conceitos importantes para entendimento do tema, tais como:

- Baterias de lítio;
- Processo de carga e descarga de uma bateria;
- Bateria de segunda vida;
- Formas de curvas das grandezas físicas;
- Métricas de testes;
- Medição de capacidade;
- Medição de Resistência Interna;
- Taxa C;
- SOH - *State of Health* - Estado de Saúde;
- SOC - *State of Charge* - Estado de Carga;
- Métodos de determinação do SOH.

4 METODOLOGIA

A metodologia para o desenvolvimento do presente projeto irá consistir em:

- Revisão e análise de artigos associados ao tema;
- Busca de normas reguladoras referentes ao tema;
- Análise dos métodos empregados para determinação dos parâmetros elétricos;
- ~~Realização da~~ Comparação entre os métodos estudados;
- Análise da viabilidade prática para realização dos métodos;
- Definição do procedimento mais adequado para os testes elétricos;
- Realização de testes com as baterias de segunda vida retiradas de VEs da NISSAN;
- Validação dos resultados;
- ~~Elaboração da documentação dos resultados.~~

5 CRONOGRAMA

Semana	Data	Atividade
01	18/04/2022 - 22/04/2022	Pesquisa de bibliografia
02	25/04/2022 - 29/04/2022	Pesquisa de bibliografia
03	02/05/2022 - 06/05/2022	Análise dos Métodos Utilizados
04	09/05/2022 - 13/05/2022	Análise dos Métodos Utilizados
05	16/05/2022 - 20/05/2022	Definição do Método Utilizado
06	23/05/2022 - 27/05/2022	Análise de Viabilidade do Método
07	30/05/2022 - 03/06/2022	Realização dos Testes
08	06/06/2022 - 10/06/2022	Realização dos Testes
09	13/06/2022 - 17/06/2022	Organização dos Resultados
10	20/06/2022 - 24/06/2022	Organização dos Resultados
11	27/06/2022 - 01/07/2022	Escrita TCC
12	04/07/2022 - 08/07/2022	Escrita TCC
13	11/07/2022 - 15/07/2022	Escrita TCC
14	18/07/2022 - 22/07/2022	Escrita TCC
15	25/07/2022 - 29/07/2022	Elaboração Apresentação
16	01/08/2022 - 03/08/2020	Apresentação TCC

Tabela 1 – Cronograma das atividades

REFERÊNCIAS

ALHARBI, Talal; BHATTACHARYA, Kankar; KAZERANI, Mehrdad. Planning and Operation of Isolated Microgrids Based on Repurposed Electric Vehicle Batteries. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, v. 15, n. 7, p. 4319–4331, 2019. DOI: 10. 1109/TII. 2019. 2895038.

ASSUNÇÃO, André; MOURA, Pedro S.; DE ALMEIDA, Aníbal T. Technical and economic assessment of the secondary use of repurposed electric vehicle batteries in the residential sector to support solar energy. **Applied Energy**, v. 181, p. 120–131, 2016. ISSN 0306-2619. DOI: https://doi. org/10. 1016/j. apenergy. 2016. 08. 056. Disponível em: https://www. sciencedirect. com/science/article/pii/S0306261916311436.

BERRUETA, Alberto *et al.* On the requirements of the power converter for second-life lithium-ion batteries. *In:* 2019 21st European Conference on Power Electronics and Applications (EPE '19 ECCE Europe). [*S.l.*: *s.n.*], 2019. p.1–p.8. DOI: 10. 23919/EPE. 2019. 8915006.

BRACO, Elisa; MARTÍN, Idoia San *et al.* Characterization and capacity dispersion of lithium-ion second-life batteries from electric vehicles. *In:* 2019 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2019 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I CPS Europe). [*S.l.*: *s.n.*], 2019. P. 1–6. DOI: 10. 1109/EEEIC. 2019. 8783547.

BRACO, Elisa; SAN MARTÍN, Idoia *et al.* Experimental assessment of cycling ageing of lithium-ion second-life batteries from electric vehicles. **Journal of Energy Storage**, v. 32, p. 101695, 2020. ISSN 2352-152X. DOI: https://doi. org/10. 1016/j. est. 2020. 101695. Disponível em: https://www. sciencedirect. com/science/article/pii/S2352152X20315322.

CREADY, ERIN *et al.* Technical and economic feasibility of applying used EV batteries in stationary applications, 2003. DOI: 10. 2172/809607.

GOHLA-NEUDECKER, B.; BOWLER, M.; MOHR, S. Battery 2nd life: Leveraging the sustainability potential of EVs and renewable energy grid integration. *In:* 2015 International Conference on Clean Electrical Power (ICCEP). [*S.l.*: *s.n.*], 2015. P. 311–318. DOI: 10. 1109/ICCEP. 2015. 7177641.

LI, He *et al.* Lifetime Test Design for Second-Use Electric Vehicle Batteries in Residential Applications. **IEEE Transactions on Sustainable Energy**, v. 8, n. 4, p. 1736–1746, 2017. DOI: 10. 1109/TSTE. 2017. 2707565.

MARTIN, Chris. **Used electric car batteries will get second life as home storage**. [*S.l.*]: Bloomberg. Disponível em: https://www. bloomberg. com/news/articles/2016-08-25/used-electric-car-batteries-will-get-second-life-as-home-storage.

MARTINEZ-LASERNA, Egoitz *et al.* Technical Viability of Battery Second Life: A Study From the Ageing Perspective. **IEEE Transactions on Industry Applications**, v. 54, n. 3, p. 2703–2713, 2018. DOI: 10. 1109/TIA. 2018. 2801262.

PODIAS, Andreas *et al.* Sustainability Assessment of Second Use Applications of Automotive Batteries: Ageing of Li-Ion Battery Cells in Automotive and Grid-Scale Applications. **World Electric Vehicle Journal**, v. 9, n. 2, 2018. ISSN 2032-6653. DOI: 10. 3390/wevj9020024. Disponível em: https://www. mdpi. com/2032-6653/9/2/24.

SAXENA, Samveg *et al.* Quantifying EV battery end-of-life through analysis of travel needs with vehicle powertrain models. **Journal of Power Sources**, v. 282, p. 265–276, 2015. ISSN 0378-7753. DOI: https://doi. org/10. 1016/j. jpowsour. 2015. 01. 072. Disponível em: https://www. sciencedirect. com/science/article/pii/S0378775315000841.