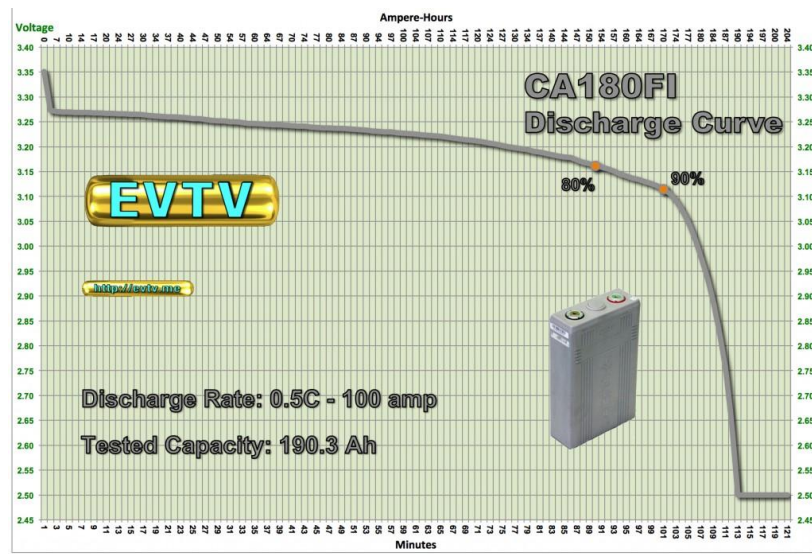
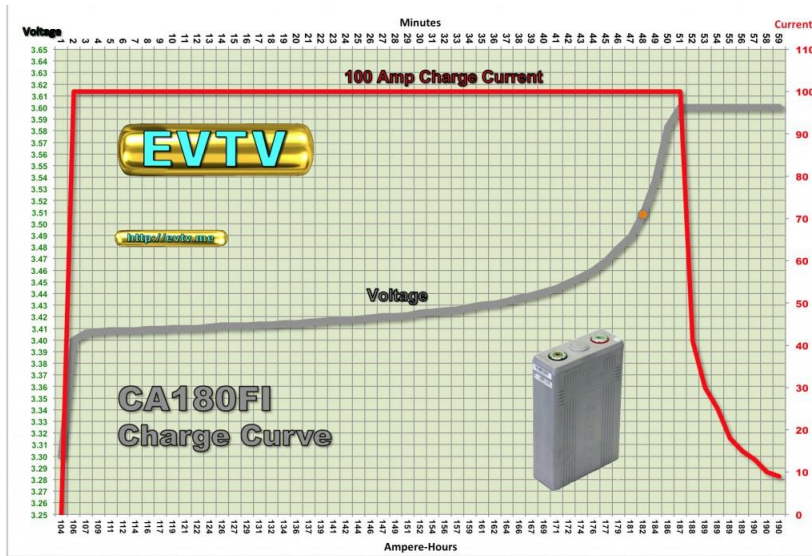


Cuidados com celulas de lítio (LiFePo4)



Documento Com base:

CALB de 180ah



Cuidados com células de lítio

Índice

Introdução	2
Balanceamento por baixo	3
- Etapas para balanceamento por baixo	4
Conexão das baterias	5
Cargas parasitas	5
Verificação de estado de carga	5
- Conta quilómetros	5
- Voltímetro	5
- Coulombs	6
Carga normal	6
Carga rápida	7
Descarga	7
Temperatura	8
- Carga	8
- Descarga	8
- Tensão reduzida	9
- Capacidade reduzida	9
- Performances reduzidas	9
Posicionamento das células	9
Precauções e perigos	9
Cálculo para capacidade ideal de pack	10
- Calcular a capacidade de pack	11

Introdução

A sapiência comum recomenda apetrechar as baterias de lítio com um bms e um mito, já muito divulgado, aconselha o balanceamento na carga dessas baterias para ter certeza que estão todas carregadas em simultâneo.

Estas permissas permitiram o desenvolvimento e a venda de aparelhos eletrónicos e consequentemente com um lucro abismal. Uma indústria nasceu para os fornecer. Infelizmente, a maior parte desses engenhos apenas foram ligeiramente eficazes e muitos foram, na verdade, perigosos.

Após anos de utilização real de carros com baterias **LiFePo4**, desenvolvemos uma abordagem muito diferente quanto a essas células e à sua manutenção ao longo de vários anos e quilómetros. Revelou-se, curiosamente, eficaz SEM ter gasto montantes astronómicos em sistemas de controlo de baterias (BMS) caros e complexos, que transformam o seu VE num pesadelo.

A regra de ouro é de NUNCA descarregar em excesso as células e de NUNCA as sobrecarregar. Seguir estas duas regras permitir-lhe-á muitos anos sem problemas. Se não seguir, nem que seja uma vez, isso irá levar à destruição e à perda de células, acabando pela perda prematura de capacidade do seu pack. Mas conseguir isso, requer um pouco de estratégia.

Balanceamento por baixo (descarga)

As células não desbalanceam entre elas relativamente ao estado da carga. E o processo de balanceamento por cima (na carga) também não balanceia rigorosamente nada. O processo de carga, para as células de **LiFePO₄**, consiste em carregar numa corrente fixa até atingir uma tensão específica, depois manter essa tensão até que a intensidade diminua a um certo valor mínimo. A isto chama-se a curva de carga Corrente Constante (CC ou Constant Current) / Tensão Constante (CV ou Constant Voltage).

A curva de carga CC / CV apenas tem alguma coisa a ver com a tensão real da bateria. A verdadeira tensão nominal da célula em descanso (circuito aberto ou open circuit voltage) é aos 3,38v e só pode ser medido após algumas horas depois do fim do carregamento. A carga CC / CV é um procedimento, isto é, é uma receita que, seguida à risca, dar-nos-á uma célula completamente carregada. A receita principal é:

1. Carregue a uma corrente fixa até que a célula atinja 3,60v;
2. Mantenha essa tensão precisamente nos 3,60v, baixando a corrente como for necessário; como a célula ganha energia, a tensão simplesmente aumentará. A corrente deverá baixar, se quisermos que a tensão fique nos 3,60v.:
3. Quando a corrente atingir os 0,05C, DESLIGUE a CARGA.

Após algumas horas, deverá medir uma tensão entre 3,35v e 3,38v na célula. Eis a verdadeira tensão da célula. Na verdade, 3,65v é uma medida de procedimento e NÃO a tensão da célula.

Assim, para uma célula de 180ah, deve-se carregar a 90ah até 3,60v e desligar a carga quando a corrente chegar aos 9ah.

Para a maior parte de nós, este procedimento é impossível. Os nossos carregadores são capazes de atingir 15 ou 20 amperes. Mas o procedimento é razoavelmente flexível.

Tomando isso em atenção e para não sobrecarregar as células, aumentando a sua esperança de vida, nós nunca carregamos até 3,60v, aqui na Evtv. Utilizamos este procedimento até os 3,50v e obtivemos grande sucesso. Tendo em conta as fracas correntes que tivemos, a curva de carga é tão vertical que muita pouca energia é realmente acrescentada na célula entre 3,5v e 3,6v. Consequentemente, perde-se pouca autonomia. Mas muitos problemas são evitados.

Procedimento de balanceamento por baixo

Note que nós não balanceamos as células na carga quando carregamos um pack de baterias em série. Então como fazemos para saber se as baterias estão em estado de carga, ou seja, balanceadas? Fazemo-lo UMA VEZ, quando as células são novas e quando vão para o veículo. E fazemo-lo no baixo da curva de carga. Assim, **no caso de baterias de 180ah:**

1. Descarregue todas as células a uma corrente fraca de 30ah até medir 2,50v;
2. Deixe a célula repousar uma noite;
3. A célula vai subir até uma tensão entre 2,75v e 2,85v;
4. Descarregue a célula até medir 2,65v;
5. Deixe-a descansar mais 30 minutos;
6. Volte a fazer os últimos 2 procedimentos até obter tensão estável de 2,75v;
7. As células inferiores a 2,75v deverão ser um pouco recarregadas com um carregador de 6 ou 12v até atingir 2,75v;
8. Quando estiverem estáveis nos 2,75v, montar o pack em série no veículo;
9. Aplicar a carga CC / CV até 3,5v multiplicado pelo número de células. Exemplo: 10 células em série devem atingir na carga 35v.
10. Depois da carga, o pack deve estabilizar a 33,4v, ou seja, 3,34v por célula.

Neste estado, o seu pack está balanceado e carregado.



Para ajudar na descarga das células, é relativamente simples construir um equipamento barato, com a ajuda de uma resistência de 250w 0,1 ohm com pinças crocodilo. Isto permite descarregar cada célula a 30ah, mais ou menos. Evtv propõe o Revolctrix & Battery Workstation que é muito competente no procedimento de descarga.

Conexão das baterias

Cargas parasitas

Para prevenir a descarga ou a carga em excesso de uma célula do pack, é importante que o seu estado de carga seja coerente em qualquer altura, que estejam balanceadas. Há uma série de teorias que apregoam que acabarão inevitavelmente por desbalancear conforme o sítio onde estiver, a temperatura ou a resistência interna.

Na prática, não conseguimos observar NENHUMA diferença medível no que diz respeito a desbalanceamento entre células, num período de vários anos, em packs de baterias que todos os dias são usados. Nenhuma diferença medível.

No entanto, é possível desbalancear células, retirando alguma energia de umas, SEM retirar de outras. E mesmo cargas de 10 pequenos mili-amperes aparecem ao fim de algum tempo.

Por exemplo, nós medimos a tensão exata de 16 células do nosso pack, com a ajuda de aparelhos dedicados que estavam alimentados pelas mesmas células que mediam, e deste modo, não de maneira uniforme.

Num espaço de 3 meses, tivemos alterações de 15ah relativamente ao resto do pack. Quando voltamos a utilizar o carro até uma descarga muito baixa, essas células foram destruídas. Portanto, tenham muito cuidado em NÃO alimentar nada, mesmo a baixo nível, a partir do vosso pack, só se for através do pack todo. A instrumentação e as tentativas de monitorização de baterias são causas clássicas de cargas parasitas.

Verificação do estado de carga

Há várias maneiras para verificar o estado de carga de forma eficaz.

Conta quilómetros

O menos eficaz e muitas vezes esquecido. Mas vai rapidamente aprender qual a autonomia do seu veículo. Se puser sempre o seu contador a zero a cada carga, terá uma ideia razoável da distância que pode percorrer.

Voltímetro

Um valor exato da tensão do seu pack é muito importante. Com carga cheia, o seu pack deve apresentar 3,34v por célula. Assim, um pack de 36 células deve ter apresentar 120 ou 120,5v.

É muito importante verificar a tensão aquando do seu primeiro teste depois de carga completa. É para ter certeza que carregou bem a bateria durante a noite toda antes de utilizar o veículo durante o dia. Com uma descarga de cerca de 90%, notará uma tensão de 3,00v por célula. Para um pack de 36 células, por exemplo, terá 108v. Nesse estado,

deverá parar e começar a carga. Tem pouca capacidade no seu pack. O problema com a tensão é que para essa pack de 36 células, a tensão cairá com facilidade para mais ou menos 117v, e de seguida a tensão não oscilará muito. Baixará progressivamente até 114v. A partir daí, cairá para 108v num espaço de 1 ou 2kms. Assim, a tensão dá uma indicação, mas não linear.

Coulombs

A melhor indicação do estado de carga consiste na contagem do fluxo real de corrente que sai do seu pack. Isto significa medir os amperes-hora ou os kw hora. Medir com exatidão os ah ou os kw é muito importante, se quisermos lidar com as baterias de lítio ion. Quanto maior a precisão dessa medida, melhor será.



Propomos o JLD404 na Evtv, permite medir os amperes-hora de maneira muito fiável.

Se **tiver um pack de 180ah**, com carga completa dispõe de 180 amperes-hora para gastar no seu veículo. Coloque a zero o seu medidor depois do fim da carga. Ele medirá então a energia que sai do seu pack, enquanto conduz, e dar-lhe-á digitalmente os amperes-hora. Quando atingir os 180, o seu pack está descarregado a 100%.

A sua bateria durará bem mais se limitar a descarga a 80% (DOD – depth of discharge). O que equivale a $0,8 \times 180$, isto é, 144ah. Os dados do fabricante falam em 2000 ciclos a 100% de descarga e MAIS de 3000 ciclos se limitar a 80% na descarga. Se o seu pack atingir 2,50v por célula (num pack de 36 células: 90 volts), terá **DEMASIADO DESCARREGADO** o seu pack e causado uma perda significativa de capacidade.

Carga normal

A carga normal deve ser em série, com uma corrente constante (CC) até uma tensão de 3,50 vezes o número de células em série. Se tiver um pack de 48 células, dar-lhe-á $3,5 \times 48$, isto é, 168v.

Com essa tensão, o seu carregador deve alternar para o procedimento de tensão constante (CV) e manter essa tensão exata. Como a energia aumenta na célula, a tensão tenderá também em subir. Para manter uma tensão constante, a intensidade da corrente deve diminuir. Quase todos os carregadores já o fazem por defeito.

A tensão constante (CV) deve ser mantida até que a corrente baixe a 0,05C. São 5 amperes para uma célula de 100ah ou 9 amperes **para uma bateria de 180ah**.

Nesse instante, a carga deve parar. Nenhuma carga flutuante ou equalização é necessária e, de facto, estas duas inevitavelmente acabariam por sobrecarregar as células, danificando-as. Logo após o fim da carga, a tensão baixa. Cerca de uma hora depois, ela

atingirá cerca de 3,34v vezes o número de células. Assim, para um pack de 48 células, $3,34v \times 48 = 160v$.

Depois da carga, antes de utilizar o veículo, verifique a tensão do pack para se certificar que ele está próximo desse valor. Os transformadores DC/DC e outros aparelhos do veículo podem também tê-la feito baixar ligeiramente, mas deveria estar próximo dos 160v. É simplesmente para verificar se o pack foi mesmo carregado. Uma tensão mais baixa indicaria de imediato que houve uma interrupção na carga e assim um pack em parte carregado.

QUALQUER CARGA deve ser executada com temperatura SUPERIOR a 0.°C

Carga rápida

Um dos inconvenientes dos veículos elétricos é o tempo de carga. Ironicamente, e para a surpresa de muitos, as baterias não são o elemento limitador. A potência do carregador é sim limitadora.

As células CA podem ser carregadas com correntes até 3C sem perigo e com pouco calor (12.°C) e sem, por isso, danificar a bateria. Isto quer dizer que um pack de baterias de 100ah poderia ser carregado a 300 amperes e um pack de 180ah a 540 amperes. A 3C teria o pack carregado em 20 minutos.

Na prática, isso não acontece. Em primeiro lugar, não há carregadores ou pontos de carregamento capazes de oferecer uma corrente com essa intensidade. Em segundo lugar, não queremos carregar os 5 a 10% que faltam no pack dessa maneira, porque é aí que as baterias aquecem. Podemos aumentar a vida das baterias, evitando o carregamento desses poucos porcentos.

Há várias normas de carga rápida que aparecem como, por exemplo, ChaDEMO, SAE J1773 Rev B Level I and II DC.

Para as células CA, o processo de carga rápida é muito simples. Carregue a 3C no máximo até os 3,5v vezes o número de células. Para nesse ponto.

Note que dispensamos a parte de tensão constante no carregamento. Simplesmente, carregue rapidamente na tensão CC / CV e pare.

Descarga

A série das células da CALB CA são feitas para dar 3C contínuas e até 10C durante 30 segundos. Um pack de 100ah pode fornecer 300 amperes de corrente contínua e 1000 amperes de pico. Isso não significa que devemos usá-las no seu máximo continuamente. Na verdade, existem indícios que demonstrariam que o número de ciclos de vida é fator da carga. Assim, estaria sempre mais à vontade com uma célula de maior capacidade,

relativamente à potência que deseja. Celulas de 180ah no mesmo veículo com a mesma carga durarão, simplesmente, muito mais do que celulas de 100ah para o mesmo uso.

As celulas podem ser utilizadas até atingir 2,5v. Na verdade, aquando acelerações de 1000 amperes, isso pode acontecer a um pack inteiro. Uma celula está completamente vazia quando atinge 2,5v, SEM NENHUMA CARGA.

Pode observar quando está parado num semáforo, por exemplo, que a tensão do pack sobe ou “recupera”. Se ele subir a uma tensão superior a 2,5 vezes o número de celulas, ainda tem carga. No entanto, a curva de descarga é mesmo não-linear, Muito plano no meio e muito a pico no fim de carga. E a diferença entre 3,0v e 2,5v pode ser de 1km ou 2. Insistimos para que considere o pack vazio a uma tensão de 3,00v vezes o número de celulas (144v para um pack de 48 celulas). Pode ainda aumentar a vida útil do seu pack, limitando a descarga a 80%. Isso corresponde, aproximadamente, a 3,10v vezes o número de celulas no pack (149v para um pack de 48 celulas).

Temperatura

Carga

Uma das maiores fraquezas das celulas lítio ion é a temperatura. Na verdade, todas as baterias sofrem de problemas relacionados com a temperatura. Mas as celulas de lítio são um pouco diferentes das outras celulas. O maior problema diz respeito à carga quando está frio. Qualquer carga deveria ser efetuada com temperaturas entre 0 e 45°C. Deve simplesmente evitar carregar o seu pack se a temperatura não estiver nesta faixa.

O problema maior é a temperatura quando está frio. 0°C é até uma temperatura alta. Mas carregar abaixo desse valor, impede os iões de lítio de se espalharem convenientemente na estrutura de carbono do ânodo da celula. Consequentemente, formar-se-á metal de lítio no ânodo e é irreversível. No melhor dos casos haverá menor capacidade. No pior, pode provocar uma enorme avaria na celula, aquando carga ou descarga, com temperaturas normais.

Limitar o carregamento a altas temperaturas é um bom hábito, menos grave até os 50 ou 55°C. O problema será apenas o envelhecimento prematuro da celula.

Pode evitar os efeitos nocivos das temperaturas baixas na celula, aquecendo as celulas aquando a carga com tempo frio.

Descarga

Felizmente, a carga e a descarga são assimétricas. Pode conduzir o seu veículo sem perigo e descarregar até os -20°C. Porém, deve estar ciente de alguns pormenores.

A saber:

Tensão reduzida

Os indicadores de tensão vão começar com números inferiores e, por vezes, até atingir níveis críticos, aquando as acelerações. É muito comum com temperaturas baixas.

Capacidade reduzida

Se tiver um pack de 180ah com temperaturas normais, de certeza que não tem um pack de 180ah com -20°C. Pode esperar menos 20% de capacidade. Fique de olho no voltímetro e medidor de amperes (Cycle Analyst).

Performances reduzidas

Com temperaturas baixas, as células não fornecem nem corrente, nem potência tão rapidamente como com temperaturas normais. Por causa das tensões reduzidas na carga, o veículo parecer-lhe-á vagaroso e fraco, relativamente a uma utilização com temperaturas normais. Mais uma vez, pode limitar estes efeitos, aquecendo as células quando o tempo está frio.

Posição das células

Os fabricantes recomendam a posição vertical das células, com o respirador virado para cima.

Colocá-las ao contrário é proibido porque provoca a fuga de eletrólise através da válvula de pressão, bloqueando-a.

A colocação na horizontal é um pouco controversa. Os fabricantes falam numa redução da vida útil da célula nessa posição.

Ainda estamos à espera de uma explicação na redução de vida útil quando as células estão deitadas. Todas as explicações encontradas na internet não fazem sentido. Mas isto são as recomendações dos fabricantes.

Precauções e perigos

Perigo de incêndio e de explosão. Há relatos de numerosos incidentes e de veículos que arderam completamente tendo até vidros, pneus e mesmo ferro fundido da transmissão derretido. Também houve danos colaterais nas garagens, armazéns ou outros sítios onde se encontravam esses veículos aquando incêndio.

Em quase todos os casos, o fogo estava ligado ao BMS. O cenário habitual é de um veículo cujo BMS controla o carregador. O BMS sofre uma avaria qualquer,

habitualmente uma interferência eletrostática, uma faísca, etc., e não consegue acabar a carga.

Se as células são realmente sobrecarregadas, o ânodo constrói fibras de íons ferrosos (Fe^{2+}) em curto-circuito, e uma combinação de corrente que continua a entrar e a quebra de SEI do cátodo causam uma reação exotérmica entre os íons de lítio do ânodo e a eletrólise. Aos 90°C , a eletrólise passa a gás, as células dilatam, e as válvulas de segurança deixam escapar a eletrólise inflamável para fora. Se não se incendiar, a combinação contínua de íons de lítio e de eletrólise atingem uma temperatura em que a cátodo derrete e fornece oxigênio. A célula sofre aquecimento e inflama-se num incêndio intenso que é difícil de apagar.

Há diversos mitos, que se encontram na internet, que dizem que a dilatação das células é normal. Mas em caso algum é verdade. Ela é sempre sinal de uma sobrecarga ou descarga profunda. Se ela aparece, a célula pode aquecer e provocar um incêndio alguns DIAS ou SEMANAS DEPOIS. Isso pode acontecer mesmo sem carga ou descarga.

Na verdade, em numerosos casos, o incêndio apagado pelos bombeiros, volta dias depois. Mas com cuidados, numa utilização normal, estas células são sem dúvida indestrutíveis. Mesmo no caso de buracos provocados por pregos ou balas, elas não se incendiam. Algumas temperaturas podem incendiá-las, mas devem ser superiores a 90°C .

As células de **LiFePo4** são dramaticamente menos perigosas do que as de Lítio cobalto ou Lítio manganésio. Mas podem na mesma apresentar riscos de sobreaquecimento, quase sempre provocado por uma sobrecarga.

É de uma importância extrema utilizar um carregador de qualidade, que pare a carga de um modo seguro. A maior parte das avarias acontece quando se quer tornar a carga ainda mais segura. Na maioria dos casos, provocam avarias induzidas que tornam a carga MENOS segura.

Cálculo para capacidade ideal de pack

Uma das questões mais interessantes e mais difíceis para quem quer converter um veículo em elétrico é o tamanho do pack de baterias. Quantas células? Qual tensão? Etc.

O primeiro parâmetro a ter em conta para esse cálculo é a limitação do material escolhido. A maior parte dos motores e controladores têm limites de potência e, mais importante, de tensão. Se o seu controlador está limitado a 120v DC input, não vai fazer um pack mais potente do que pode aceitar o controlador.

O segundo parâmetro é, evidentemente, físico. É importante ter em consideração o espaço disponível para as células e o peso que o veículo pode transportar sem perigo.

Assim, só lhe falta determinar a autonomia desejada. Porém a autonomia pode levantar problemas: maior custo das células, mais peso para o carro e menos performance por causa do peso.

Calcular a capacidade do pack

Um pack de bateria é, habitualmente, medido em kilowatt hora – kWh. Um kilowatt é simplesmente 1000 watts e um watt é em função da corrente (intensidade) e da tensão. Esta medida é utilizada na fatura das nossas casas. Calcular o tamanho do pack em kWh é muito simples: a tensão do pack multiplicada pela capacidade em ampere hora das células. Se tiver um pack de 160v com células de 100ah, a capacidade é 160×100 , ou seja, 16.000 watt-horas. O que é o mesmo de 16kWh.

A autonomia é proporcional ao consumo de energia, a qual varia constantemente. Mas arranámos algumas regras simples que funcionam bem.

Se tomar em consideração o peso do veículo e o dividir por 10^1 , isso dar-lhe-á uma medida bastante boa do consumo de energia por milha.

Um veículo de 2400 libras (1088kg) necessitará, mais ou menos, de 240wh por milha (1,609344km), enquanto um veículo de 8000 libras gastará 800wh por milha. A autonomia é assim o tamanho do pack a dividir pelo consumo por milha. Para um veículo de 2400 libras com um pack de 16kWh: $16000 / 240 = 66,66$ milhas. Este dado representa a autonomia máxima do veículo. Mais uma vez aconselhamo-lhe a limitar a descarga a 80% DOD, para aumentar a vida da bateria. Assim $66,66 \times 0,8 = 53$ milhas. Chamamos-lhe a AUTONOMIA SEM PERIGO. Desta forma, deve calcular o pack consoante a autonomia sem perigo que desejar. Não se esqueça que a autonomia desce drasticamente com temperaturas inferiores a 0°C ; calculamos essa diminuição em 20%.

Cálculos em quilómetros e kilos.

Veículo de 1000kgs precisa de 137wh por quilómetro percorrido. Assim, para um pack de 16kwh teremos: $16000 / 137 = 116,8$ kms. Para uma autonomia sem perigo terá. $116,8 \times 0,8 = 93$ kms.

Note que estes cálculos não tomam em conta o peso do condutor, malas, capacetes, botas, etc...

Assim, veículo de 230kgs precisa de 37wh, com um pack de 3,7kwh, poderá fazer 100kms. Se o condutor pesar 80kgs, passará a consumir 50wh por km, ou seja, 73kms.