

Luciano Carli

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
DEPARTAMENTO DE ANÁLISES CLÍNICAS E TOXICOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE MEDICINA CLÍNICA
CENTRO DE HEMATOLOGIA E HEMOTERAPIA DO CEARÁ**

**EFEITO DA BOMBA DE INFUSÃO SOBRE O
GRAU DE HEMÓLISE NOS CONCENTRADOS DE HEMÁCIAS**

EMERSON LIMA BORGES

**FORTALEZA
2005**

EMERSON LIMA BORGES

**EFEITO DA BOMBA DE INFUSÃO SOBRE O
GRAU DE HEMÓLISE NOS CONCENTRADOS DE HEMÁCIAS**

**Monografia submetida à Coordenação
do Curso de Especialização em
Hematologia e Hemoterapia da
Universidade Federal do Ceará, como
requisito parcial para obtenção do título
de Especialista.**

**Orientador (as): Eunice Bobô de
Carvalho e Luciana Maria de Barros
Carlos**

**FORTALEZA
2005**

EMERSON LIMA BORGES

**EFEITO DA BOMBA DE INFUSÃO SOBRE O
GRAU DE HEMÓLISE NOS CONCENTRADOS DE HEMÁCIAS**

**Monografia submetida à Coordenação
do Curso de Especialização em
Hematologia e Hemoterapia da
Universidade Federal do Ceará, como
requisito parcial para obtenção do título
de Especialista.**

Aprovada em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

A meus pais

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, fonte inesgotável de sabedoria e misericórdia o qual sem Ele não sou nada.

Aos meus pais, Eriosvaldo e Maria Vilani, símbolos de força e coragem em minha vida e aos meus irmãos Eriosvaldo Júnior, Ewerton, Rafael e Camilla que sempre acreditaram em mim e me estimularam a prosseguir nessa caminhada.

Aos meus primos, Anderson, Franklin, Gilberto Filho, Tales, Ellen e Taís.

Aos amigos Gean Charles, Eliana, Rossivânia, Wellington e a todos os moradores da Casa do Estudante Ceará.

A todos os funcionários do Laboratório de Patologia Edílson Gurgel pela amizade e compreensão. Um abraço especial as Dra Paula Abreu, Dra Adriana, Dra Socorro, Dra Rejane e aos doutores Carlos Filho, Paulo e Paulo César.

A todos os funcionários do Centro de Hematologia e Hemoterapia do Ceará – HEMOCE que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho; em especial as funcionárias Jeovany, Nazaré, Cecília, Francisca e Célia.

Aos colegas do curso de especialização pela amizade e incentivo nesta difícil jornada.

Aos mestres, Dra Alana, Dra Fanca, Dra Vilany, Dra Vitória, Dra Rosângela, Dra Helena, Dra Vânia e aos doutores Herivaldo, Marcos e Gentil pelo incentivo e saber que me foram transmitidos.

As Dras Ana Cecília Lócio Botelho e Márcia Maria B. Araujo e ao Diretor do Hospital Geral César Cals Dr. Ernani Ximenes Rodrigues pela contribuição inestimável para a realização deste trabalho.

Especialmente para às Dras Eunice Bobô e Luciana Carlos as quais dedico esta monografia.

SUMÁRIO

RESUMO.....	06
Abstract.....	07
1 – INTRODUÇÃO.....	08
2 – OBJETIVOS.....	18
3 – MATERIAL E MÉTODOS.....	20
4 – RESULTADOS.....	24
5 – DISCUSSÃO.....	42
6 – CONCLUSÃO.....	46
7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
8 – ANEXO.....	52

RESUMO

A lise das hemácias, de causa imune ou não imune, pode provocar a elevação da hemoglobina plasmática induzindo efeitos deletérios principalmente nos rins e no sistema cardiovascular. Este trabalho objetiva evidenciar o possível efeito hemolítico induzido pelo trauma mecânico provocado pela passagem das hemácias em diferentes marcas de bombas de infusão, em concentrados de hemácias (CH) com até dez dias de armazenamento, preparados com SAG-MANITOL. Foram utilizadas três modelos de bombas (Nutrimat, Infusomat Compact e Volumed), com quatro aparelhos de cada modelo, testados em três velocidades de infusão (120mL/h, 240mL/h e 360mL/h). Os parâmetros utilizados para evidenciar o grau de hemólise foram o percentual de hemólise e os níveis de hemoglobina e potássio livres no plasma. As amostras foram coletadas antes da passagem do CH pelas bombas, na metade do tempo de infusão (T1/2) e no final da infusão (T), nas diferentes velocidades. Não ocorreu variação significativa entre os valores dos parâmetros analisados nas amostras controle e naquelas coletadas nas diferentes velocidades, marcas de bombas, mecanismos de infusão, entre as bombas da mesma marca e entre os diferentes tempos de infusão. A principal variação encontrada foi relacionada com o potássio livre, devido à variação inerente aos próprios CH, o que foi evidenciado ao comparar os valores obtidos nas amostras controle e nas amostras colhidas nos tempos médio e final em cada bomba. De acordo com os resultados obtidos, não houve elevação significativa do percentual de hemólise após a passagem pelas bombas de infusão nos modelos analisados, corroborando com os resultados encontrados por outros pesquisadores.

Palavras-chave: hemólise, bombas de infusão, transfusão.

ABSTRACTS

The lysis of red blood cells, immune or no immune, can cause plasmatic hemoglobin elevation, mainly inducing harmful effects in the kidneys and cardiovascular system. This work aims to evidence the possible hemolytic effect related to mechanical trauma due to the use of different models of infusion pumps in red blood cells transfused with up to ten days of storage. Three models of pumps were used (Nutrimat, Infusomat Compact and Volumed), four equipments for each one, being tested in three infusion speeds (120mL/h, 240mL/h and 360mL/h). The parameters used to evidence the hemolysis degree were the percentile of hemolysis, the hemoglobin levels and free potassium in the plasma. The samples were collected before the passage of red blood cells by the pumps, at middle of infusion (T1/2) and at the end of infusion (T), in the three different speeds. It didn't happen significant variation among the values of the analyzed parameters, in control samples and in that collected with the different speeds, models of bombs and infusion mechanisms, among bombs of the same mark and at different times of infusion. The main variation found involved free potassium, probably due to their different inherent levels in red blood cells concentrates, being evidenced when we compared its values in control samples with that obtained in the medium and final time, in each pump. In agreement with the obtained results it was not found elevation of the percentile of hemolysis after passage of the cells for the infusion pump of all the analyzed models, corroborating with the results found by other researchers.

Word-key: hemolysis, infusion pumps, transfusion.

1. INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A terapêutica transfusional baseia-se, principalmente, na reposição de células ou substâncias que estão em deficiência no paciente, por perda ou déficit de produção por um componente derivado do sangue de um doador ¹.

A primeira transfusão sangüínea foi realizada pelo fisiologista inglês Richard Lower ligando a veia jugular de um cachorro à artéria do pescoço de outro cachorro publicado no PHLOSOPHICAL TRANSACTIONS de 17 de dezembro de 1666. Um novo marco foi em 22 de dezembro de 1818, quando James Blundell relatou em Londres uma transfusão de sangue entre humanos ².



Fig. 1- Seringa para transfusão sangüínea direta entre homens, utilizada na primeira metade do século XX. Retirada de http://en.wiki.pedia.org/wiki/Blood_transfusion

A transfusão de concentrado de hemácias tem como objetivo a prevenção de uma iminente e inadequada liberação de oxigênio aos tecidos, com conseqüente hipóxia tecidual. Historicamente, os valores de hematócrito e hemoglobina para que o paciente seja transfundido com concentrado de hemácias era de 30% e 10g/dl respectivamente; sendo que, apenas a redução dos valores de hematócrito e hemoglobina não deve, por consenso, ser indicativo de transfusão, pois a capacidade de transporte de oxigênio, em seres humanos, é aproximadamente quatro vezes maior que a sua necessidade, existindo portanto uma considerável reserva fisiológica. A decisão de transfundir baseia-se em um

conjunto de fatores clínicos como: idade do paciente, velocidade da instalação da anemia, história natural da anemia, volume intravascular e a presença de cofatores fisiológicos que afetam a função cardiopulmonar e a circulação ³.

O hemocomponente mais utilizado na prática transfusional é o concentrado de hemácias, sendo obtido a partir do sangue total de um doador voluntário, estocado sob refrigeração, entre 1 e 6 °C, e com hematócrito entre 50% a 70% (Sag-Manitol). O prazo de validade depende do anticoagulante utilizado na bolsa de coleta, variando de 21 dias para CPD (citrato-fosfato-destrose), 35 dias para CPDA-1 (citrato-fosfato-destrose-adenina) e 42 dias se adicionada a solução preservativa de SAG-MANITOL (NaCl-adenina-glicose-manitol) ⁴.

A principal vantagem do uso transfusional de concentrado de hemácias (CH) sobre o sangue total é a obtenção da mesma capacidade de oxigenação com menor volume, redução do nível de isoaglutininas naturais (Anti-A e Anti-B) e redução significativa nos níveis de citrato e potássio, principalmente para os doentes cardíacos, renais e/ou hepáticos ⁵.

A transfusão de qualquer hemocomponente oferece um risco considerável ao receptor, pois podem ocorrer reações adversas em cerca de 10% dos pacientes transfundidos (tabela 1). Algumas dessas reações não são previsíveis, portanto a indicação de transfusão deve ser precedida de uma análise criteriosa de seus riscos e benefícios. Embora as reações transfusionais hemolíticas sejam as mais sérias, as reações alérgicas e febris constituem a maioria das reações agudas. A gravidade, sinais e sintomas das reações transfusionais são bastante variáveis e ocorrem geralmente precocemente no curso de uma transfusão. Dessa forma, todo paciente submetido a uma transfusão deve ser acompanhado durante o procedimento, sendo qualquer sinal ou sintoma adverso devidamente investigado ^{6,7}.

Tabela 1 - Reações transfusionais

Reações Transfusionais Agudas	Reações Transfusionais Tardias
Causas imunológicas: Reação hemolítica aguda Reação febril não-hemolítica Lesão pulmonar aguda relacionada com a transfusão Reação urticariforme Reação anafilática	Reação hemolítica tardia Aloimunização Reação enxerto-contra-hospedeiro Imunomodulação
Causas não-imunológicas: Sobrecarga circulatória Reação atípica associada ao uso de inibidores da enzima conversora de angiotensina Contaminação bacteriana do produto sanguíneo	Sobrecarga de ferro Púrpura pós-transfusional Complicações infecciosas
Hemólise não-imunológica	

A hemólise não-imune pode ser provocada por alterações na microcirculação (hemólise microangiopática), **associados** à infecção (septicemia, malária), agentes químicos e lesões mecânicas, tendo como característica o aparecimento de hemoglobina livre no plasma. A lise das hemácias pode também ocorrer devido a lesões de estocagem ou trauma mecânico durante o processo transfusional, o que poderá levar à exposição do paciente aos efeitos deletérios da molécula de hemoglobina plasmática livre ⁸.

A hemoglobina (Hb) é a molécula responsável pelo transporte de oxigênio dos pulmões para os tecidos e apresenta um peso molecular de 64.500 Dalton formada por quatro cadeias globínicas (adulto – 2 cadeias alfa e 2 cadeias beta) e quatro grupos heme, formado pela protoporfirina e um átomo de ferro no estado ferroso (Fe^{2+}), responsável pela ligação/transporte do oxigênio. Cada molécula de Hb é capaz de transportar quatro moléculas de oxigênio, sendo processada no citoplasma dos eritroblastos após a formação do heme e das cadeias globínicas ⁹.

Quando a hemoglobina está presente no plasma, o organismo apresenta mecanismos para sua remoção, inibindo seus efeitos deletérios, através da decomposição, no leito vascular, de sua forma tetramérica em dímeros α e β . Estes se ligam à haptoglobina formando um complexo hemoglobina-haptoglobina que será removido pelas células parenquimais hepáticas. Quando a capacidade

- de ligação com a haptoglobina é excedida, ocorre elevação de Hb na forma livre no plasma, que é parcialmente removida pelas células hepáticas, mas também poderá ser excretada pelos rins ou oxidada à metahemoglobina (da qual o heme é facilmente dissociado) e que será metabolizada em globina e heme; a globina será degradada e irá compor o pool de aminoácidos, enquanto o heme liga-se inicialmente à hemopexina, sendo transportada para as células hepáticas. Este pode também estar associado de forma não específica à albumina, formando metalbumina, sendo o heme transferido para a hemopexina e posteriormente transportado às células hepáticas¹⁰.

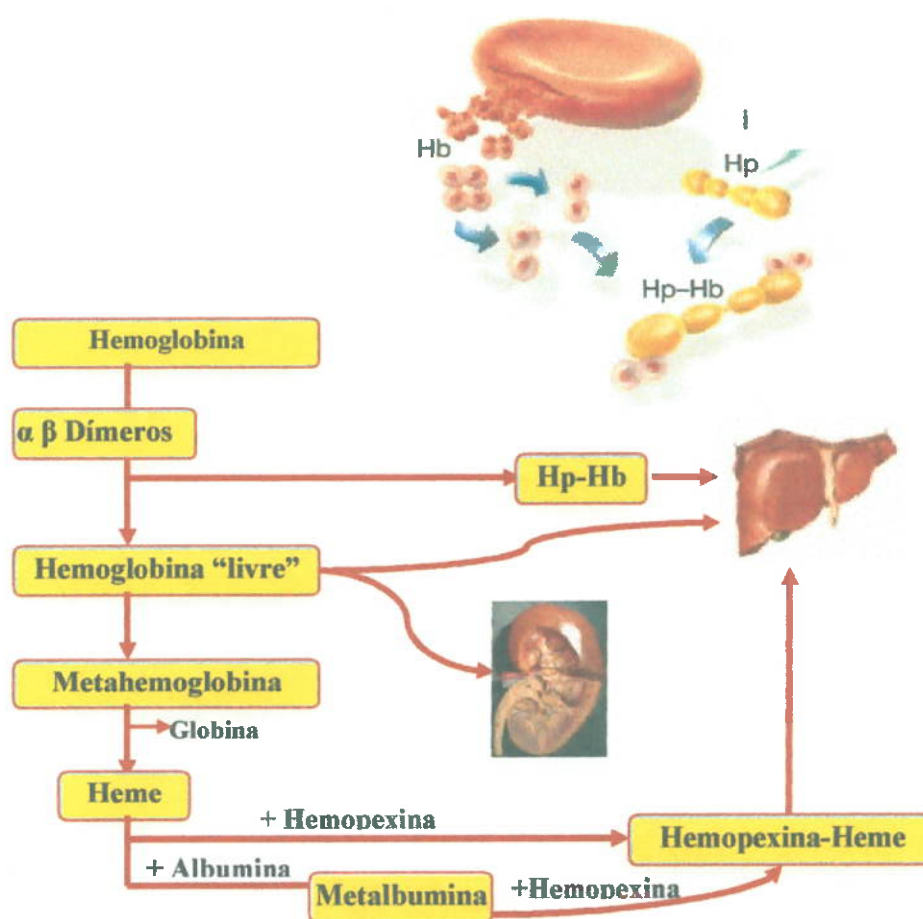


Fig. 2 – Mecanismos de regulação da hemoglobina livre no plasma

Savitsky e col demonstraram que a Hb livre de estroma apresenta efeitos adversos em relação ao sistema renal (nefrotoxicidade) e cardiovascular (efeito vasomotor) ¹¹.

A hemoglobina livre, quando filtrada pelos rins, causa nefrotoxicidade ao interagir com a parede dos vasos dos glomérulos renais, resultando em necrose tubular com conseqüente colapso da função renal. O efeito cardiovascular é decorrente da ligação da hemoglobina livre no plasma com óxido nítrico liberado pelos vasos sangüíneos, provocando uma vasoconstrição e aumento da pressão arterial ¹².

Nishiyama e Hanaoka, 2000, relatam que a hemoglobina livre poderá ocasionar ao paciente uma redução na taxa de filtração glomerular, através do bloqueio tubular renal devido à precipitação de resíduos de hemoglobina, causando danos nas células tubulares renais ¹³.

Além da determinação da hemoglobina livre como indicativo para hemólise, Burch, Phelps et Constance, 1991, observaram, em estudos anteriores, que o potássio, um íon normalmente intracelular, serviria também como um outro marcador bioquímico indicativo de hemólise, quando detectado livre no plasma acima dos níveis normais ¹⁴.

O potássio (K^+) é um dos cátions mais abundantes no corpo, sendo essencial para muitas funções celulares, representando 3.500 mEq num homem de 70 Kg. Nas células, sua concentração média é de 150mEq/L e somente 2% do K^+ total estão distribuídos no fluido extra-celular. Quando a concentração de K^+ excede 5,0mEq/L, ocorre a hipercalemia. São os rins que regulam a excreção de potássio.

Quando há aumento na concentração de K^+ no plasma, muitos hormônios promovem a sua captação pelas células, como a adrenalina, insulina e aldosterona, aumentam a captação de K^+ pela musculatura esquelética, fígado e ossos, estimulando a bomba de $Na^+/K^+/ATPase$. O potencial de repouso das membranas é afetado, a voltagem torna-se menos negativa na hipercalemia e isso diminui a excitabilidade dos neurônios, das células cardíacas e musculares, devido

à inativação dos canais de Na^+ na membrana. Um aumento rápido de K^+ pode induzir a parada cardíaca e morte.

O rim excreta quase que a totalidade do potássio que se encontra em excesso no organismo. O principal evento na determinação da excreção urinária de K^+ é a sua secreção do sangue para dentro do fluido tubular, pelas células do túbulo distal e do ducto coletor. Como o K^+ não está ligado a proteínas plasmáticas, ele é livremente filtrado pelos glomérulos. Num organismo normal, a excreção urinária é de 15% da quantidade filtrada ¹⁵.

Rodrigues et Oliveira, 2005, relatam em seu estudo, o aumento do potássio extracelular durante o armazenamento de concentrado de hemácias no estado irradiado. A dose de radiação capaz de inativar os linfócitos também lesa os eritrócitos, por alterações da atividade da Na-K-ATPase, com potencialização da peroxidação lipídica e oxidação da hemoglobina, secundárias à formação de espécies reativas de oxigênio com diminuição subsequente da capacidade de recuperação dos eritrócitos. Verifica-se uma redução da capacidade de recuperação, associada ao decréscimo dos níveis de ATP, ao aumento do potássio extracelular e a um ligeiro aumento da hemólise ¹⁶.

A crescente disponibilização de medicamentos e soluções tem exigido cada vez mais sistemas de controle que permitam a infusão de volumes desejados dentro do tempo programado. Essa preocupação levou ao desenvolvimento das bombas de infusão capazes de controlar o fluxo de fluidos através de um determinado dispositivo ¹⁷. Por definição, bombas de infusão são equipamentos destinados a regular a vazão de líquidos administrados ao paciente sob pressão positiva gerada pela bomba ¹⁸.

Os primeiros e mais rudimentares aparelhos de infusão surgiram em 1958 e apresentavam sérios problemas em relação à acurácia e segurança. Na década de setenta foram introduzidas as primeiras bombas com controladores de fluxo; atualmente encontra-se a disposição vários tipos de bombas de infusão com os mais diversos controles, recursos e alarmes como as bombas de infusão volumétricas fluxométricas, de seringa e portáteis para uso domiciliar.

Geralmente são fáceis de usar e reduzem alguns problemas comumente relacionados aos dispositivos de infusão gravitacional com pinças, como erros de gotejamento, fluxo livre e infusão de ar quando os reservatórios do líquido infusor ficam vazios. São utilizados principalmente em anestesia epidural contínua, na administração de drogas vasoativas, quimioterápicos e quando se requer administrar volumes grandes ou muito pequenos de soluções, em velocidades de infusão difíceis de serem obtidas por controle gravitacional. Levando-se em consideração que o sistema circulatório humano é o caminho mais eficaz de transporte de nutrientes, a terapia de infusão tornou-se o meio mais rápido e eficiente para a administração de soluções em pacientes hospitalizados, sendo recomendada como indispensável nas terapias intensivas, em especial pediátricas, neonatais e anestesiologia ^{17, 19}.



Figura 3 – Da esquerda para a direita, bombas de infusão dos modelos VOLUMED µVP 5005 – ARCHEMED, INFUSOMAT COMPACT- B. BRAUN e NUTRIMAT II – B. BRAUN.

Antes do aparecimento de bombas de infusão, as infusões intravenosas eram realizadas exclusivamente utilizando a força da gravidade provocando a saída do fluido do recipiente reservatório através do equipo até o paciente. Neste método, a velocidade de infusão é controlada por ajuste manual de reguladores de fluxo dos equipos, primeiramente de pinça comum e posteriormente de pinça rolete. Isto, muitas vezes, mostra-se inadequado devido à necessidade de reajuste constante do fluxo à medida que o nível de líquido a ser

infundido diminui no reservatório alimentador, com a progressão da infusão. Muitas vezes, para a manutenção da velocidade de infusão rápida, além da abertura da pinça, são necessários recursos adicionais como aumento da altura do recipiente em relação ao paciente; para infusões de baixa velocidade, faz-se necessário fechar a pinça até a posição desejada, sendo importante a monitorização constante de infusão, pelo risco de obstrução total do fluxo. Outros problemas relacionados à utilização do método gravitacional podem ocorrer principalmente pelas variações de velocidade de infusão em decorrência de movimentação do paciente, posicionamento do cateter e fluxo livre (vazão não controlada decorrente de efeitos não propositais da força da gravidade) ²⁰.

Cada tipo de bomba de infusão apresenta um mecanismo diferente de funcionamento, embora todos tenham a finalidade de levar a solução do recipiente reservatório até o paciente. Os tipos de mecanismos de bombas mais comuns são:

1.1 - Mecanismo peristáltico linear

É o mecanismo mais comum, no qual o equipo é colocado num canal da bomba onde dispositivos similares a dedos, comprimem e soltam o equipo sucessivamente em movimentos ondulatórios e direcionando o fluxo de infusão. O tubo é fixado contra uma placa e altamente comprimido e solto pelo movimento dedilhado, forçando o líquido a fluir em direção ao paciente ²¹.

1.1.1 - Mecanismo peristáltico rotatório

Similar ao movimento peristáltico linear, utiliza uma pequena extensão do tubo que é comprimida contra um rotor. Ao girar os roletes ocluem o tubo e levam o fluido do recipiente reservatório para o paciente, segundo um fluxo controlado por um sensor eletrônico de gotejamento. Esta extensão do tubo, utilizada para realizar o movimento peristáltico, geralmente é confeccionada com

material mais flexível do que o polivinilcloreto, comumente utilizado na confecção de equipamentos como, por exemplo, o silicone ²¹.

1.1.2 - Mecanismo de seringa

É um dos mais simples mecanismos de infusão. Utiliza um pistão que empurra o êmbolo da seringa, realizando a infusão segundo o fluxo programado. Neste tipo de bomba de infusão, faz-se necessário programar no equipamento a marca da seringa usada, pois características do material utilizado para a fabricação das seringas diferem conforme a marca, principalmente relacionadas ao material plástico, siliconização interna e o tipo de borracha utilizada no êmbolo. Estes equipamentos devem apresentar um sistema anti-sifão para evitar o risco de superinfusão por gravidade ²¹.

1.1.3 - Mecanismo de cassete

Este mecanismo utiliza cassetes inseridos geralmente no meio dos equipamentos, com porções cilíndricas preenchidas pelo fluido a ser infundido. Quando acionado por um pistão um motor move-se para dentro e para fora de cada cilindro. O movimento interno da bomba retira o líquido do cassete em direção ao paciente, enquanto o movimento externo drena o fluido do recipiente reservatório até o cassete para repreenchê-lo; uma válvula direciona o fluxo através do caminho desejado, no tempo apropriado para o ciclo programado ²¹.

Este estudo pretende avaliar o efeito sobre o grau de hemólise em concentrados de hemácias, com até 10 ~~dez~~ dias de armazenamento, induzido pela utilização de bombas de infusão. Dessa forma, a hemólise foi mensurada através da avaliação da porcentagem de hemólise, para a qual foram necessárias a determinação da hemoglobina (g/dl) livre no plasma do concentrado de hemácias, hematócrito (%) e determinação dos níveis de potássio livre no plasma (mmol/l).

2.OBJETIVOS

2 - OBJETIVOS

2.1 - Objetivo Geral:

Avaliar o efeito sobre o grau de hemólise provocado pelas bombas de infusão em concentrado de hemácias, utilizando-se três marcas de equipamentos de infusão, com mecanismos e velocidades de infusão diferentes.

2.2 - Objetivos Específicos:

Avaliar o grau de hemólise, analisando os seguintes parâmetros:

- Percentual (%) de hemólise, verificado pela concentração da hemoglobina livre no plasma;
- Concentração do íon potássio livre no plasma destes concentrados, como outro indicador de hemólise;
- Análise comparativa entre o grau de hemólise provocado por três diferentes modelos de bombas de infusão em três diferentes velocidades de infusão.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram analisados 36 concentrados de hemácias (CH) com menos de 10 dias de coleta e processados no CENTRO DE HEMOTERAPIA DO CEARÁ - HEMOCE para verificação do grau de hemólise provocado durante a passagem em equipamentos de infusão venosa. Foram utilizados os modelos Nutrimat II (B/BRAUN), Volumed μ VP 5005 e Infusomat Compact (B/BRAUN), em três velocidades diferentes (V1, V2, V3). O modelo Nutrimat II utiliza o mecanismo peristáltico rotatório e os outros o mecanismo peristáltico linear.

V1 = 120 mL/hora (40 gotas/min)

V2 = 240 mL/hora (80 gotas/min)

V3 = 360 mL/hora (120 gotas/min)

Para verificação do grau de hemólise foram avaliados os seguintes parâmetros:

- Hemoglobina livre (g/dL) no plasma dos CH
- Porcentagem de hemólise (% de hemólise)
- Potássio livre no plasma (mmol/L) no plasma dos CH.

3.1 - Coleta das amostras

3.1.1 - Os CH foram acondicionados e transportados do HEMOCE para o Hospital Geral César Cals (HGCC) utilizando uma caixa térmica e verificando a temperatura inicial (HEMOCE) e temperatura final (HGCC), de acordo com as normas fornecidas pelo setor de distribuição deste hemocentro exigidas pela RDC nº. 153, de 14 de junho de 2004 (Resolução da Diretoria Colegiada – ANVISA).

3.1.2 - Foi retirada, inicialmente, de cada concentrado de hemácias, antes da passagem pela bomba de infusão, uma alíquota de 10mL divididos em dois tubos de 05ml, para determinação dos parâmetros acima mencionados.

- 3.1.3 - Os CH foram acoplados às bombas de infusão e estas programadas com as velocidades V1, V2 e V3, para um tempo total de infusão programado de 2 horas, 1 hora e 30 minutos, respectivamente, utilizando o escalpe nº. 19 em todas as amostras.

3.1.4 - Na metade (T 1/2) e no final (T) do tempo de infusão foram retiradas, para cada CH, amostras de 10ml divididos em dois tubos de 5ml em tubo seco, para efetuar análise.

3.1.5 - O sangue passado pela bomba de infusão, foi coletado em garrafas de vidro de 1 litro com tampa e transportado em caixa térmica lacrada para o HEMOCE para descontaminação e descarte no setor de esterilização.

3.2 Determinação dos parâmetros

3.2.1 - Uma alíquota de 5ml de cada amostra foi analisada no aparelho ABX modelo MICROS 60 utilizado no laboratório de hematologia do HEMOCE para dosagem de Hb (g/dL) e do hematócrito (%), ambos necessários para o cálculo da % de hemólise.

3.2.2 - Outra alíquota contendo 5mL da amostra foi centrifugada a 3 000 rpm por 15 min utilizando a centrífuga EXCELSA II modelo 206 MP.

- 3.2.3 - Foi retirada, após centrifugação, uma alíquota de 0,05 mL (50uL) da amostra do plasma sobrenadante e adicionada 2 ml de solução de NACL 0,85%. Após homogeneização foi efetuada a leitura no espectrofotômetro RA – 50 Chemipty Analyzer (Bayer) no comprimento de onda 405 nanômetros.

3.2.4 - A absorbância obtida foi multiplicada por 601, fornecendo os valores da Hb livre no plasma em mg/dL, com posterior conversão para em g/dL.

Obs: A técnica de verificação da Hb livre foi retirada do item interferência na dosagem de colesterol da LABTEST DIAGNÓSTICO ²².

3.2.5 - Cálculos para obtenção da % de Hemólise

$$\% \text{ Hemólise} = \frac{(100 - \text{Ht } \%) \times \text{Hb livre (g/dL)}}{\text{Hb total (g/ dl)}}$$

3.2.6 - Determinação de K⁺ livre no plasma

O plasma, obtido após a centrifugação a 3 000 rpm por 15 min, foi transferido para um tubo de hemólise seco e acondicionado a 80°C negativos para posterior dosagem do íon potássio.

A dosagem do potássio no plasma foi realizada no aparelho Bayer Diagnostic 348 Rapid LAB.

3.3 – Análise estatística

Como metodologia de análise estatística de todas as variáveis utilizou-se a análise de variância para um delineamento com medidas repetidas composto de dois fatores com dois níveis cada, a partir da diferença entre as medidas de entrada e saída (entrada menos saída). Os fatores são: entre os modelos de bombas, as diferenças entre as velocidades (antes da passagem das bombas e no T final da infusão) e entre eles.

Na análise foram utilizados os métodos de Análise Multivariada de Variâncias e os dados foram trabalhados como medidas repetidas (Anexo I).

4.RESULTADOS

4. RESULTADOS

4.1 - Resultados obtidos com o grupo controle antes da passagem dos concentrados de hemácias pela bomba de infusão da marca VOLUMED μ VP 5005 – ARCHEMED.

A tabela 1 apresenta os dados referentes às amostras controle coletadas antes da passagem pelas bombas da marca VOLUMED μ VP 5005 - ARCHEMED com mecanismo peristáltico linear. Foram analisados os valores da Hb livre (g/dL), porcentagem de hemólise (%) e potássio livre no plasma (mmol/L). O valor médio da Hb (g/dL) livre foi de 0,03, com desvio padrão de 0,02 e amplitude de 0,01-0,07; o valor médio da % de hemólise foi de 0,07, com desvio padrão de 0,04 e amplitude de 0,03-0,17 e os valores médio, desvio padrão e amplitude do potássio livre no plasma foram, respectivamente, de 10,1; 3,8 e 5,1-18,5.

Tabela 1 - Distribuição dos valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma (mmol/L) obtidos antes da passagem dos concentrados de hemácias (grupo controle) pela bomba de infusão da marca VOLUMED μ VP 5005-ARCHEMED

Nº da Amostra*	Hb livre (g/dL)	% Hemólise	K ⁺ livre (mmol/L)
A 1 1	0.05	0.14	7.7
A 4 2	0.07	0.17	9.0
A 3 3	0.02	0.04	18.5
B 2 1	0.02	0.04	13.2
B 5 2	0.01	0.03	6.3
B 6 3	0.02	0.05	12.7
C 7 1	0.02	0.07	5.1
C 8 2	0.04	0.06	12.3
C 9 3	0.04	0.08	10.7
D 10 1	0.02	0.05	6.7
D 11 2	0.02	0.05	11.1
D 12 3	0.02	0.05	7.4
Média	0,03	0,07	10,1
Desvio Padrão	0,02	0,04	3,8
Amplitude	(0,01-0,07)	(0,03-0,17)	(5,1-18,5)

*A, B, C, D – Equipamentos testados

Primeiro número – CH testado

Segundo número (1=v1; 2=v2; 3=v3) – Controle da velocidade de infusão

4.1.1 - Resultados obtidos após a passagem das amostras pela bomba de infusão da marca VOLUMED μ VP 5005 - ARCHEMED coletadas na metade do tempo de infusão (T1/2) e no tempo total de infusão (T) com a velocidade V1 (120 mL/h).

As amostras coletadas na metade do tempo (T1/2) da passagem pela bomba apresentaram o valor médio da Hb livre de 0,02, com desvio padrão de 0,02 e amplitude de 0,01-0,04; valor médio da % de hemólise foi de 0,06 com desvio padrão de 0,04 e amplitude de 0,02-0,11. No que se refere ao nível de potássio livre no plasma, observou-se um valor médio de 7,8 com desvio padrão e amplitude de 2,9 e 5,2-11,8 respectivamente. Mostrados na tabela 2.

Tabela 2 - Distribuição dos valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma (mmol/L) obtidos na metade do tempo total (T1/2) de infusão após a passagem dos concentrados de hemácias pelas bombas da marca VOLUMED μ VP 5005- ARCHEMED na V1.

Nº da Amostra*	Hb livre(g/dL)	% Hemólise	K ⁺ livre (m mol/L)
A 1 1 T1/2	0.04	0.11	7.8
B 2 1 T1/2	0.03	0.06	11.8
C 7 1 T1/2	0.01	0.03	5.2
D 10 1 T1/2	0.01	0.02	6.5
Média	0,02	0,06	7,8
Desvio Padrão	0,02	0,04	2,9
Amplitude	(0,01-0,04)	(0,02-0,11)	(5,2-11,8)

Tempo total (T) = 2 horas

*** A, B, C, D – Equipamentos de infusão**

1, 2, 7,10 – CH testados

As amostras coletadas no tempo total (T) de infusão dos concentrados de hemácias pelas bombas apresentaram valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma (m mol/L) organizados na tabela 3. O valor médio da Hb livre foi de 0,03, com desvio padrão de 0,03 e amplitude de 0,01-0,07. O valor médio da % de hemólise foi de 0,05 com desvio padrão de 0,03 e amplitude de 0,02-0,08 e os valores médio, desvio padrão e amplitude dos níveis de potássio livre no plasma foram, respectivamente de 8,3; 3,5 e 5,8-13,5.

Tabela 3 - Distribuição dos valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma (mmol/L) obtidos no tempo total (T) de infusão após a passagem dos concentrados de hemácias pelas bombas da marca VOLUMED μ VP 5005-ARCHEMED com V1.

N° da Amostra*	Hb livre (g/dL)	% Hemólise	K ⁺ livre (mmol/L)
A 1 1 T	0.07	0.08	7.2
B 2 1 T	0.03	0.06	13.5
C 7 1 T	0.01	0.03	5.8
D 10 1 T	0.01	0.02	6.6
Média	0,03	0,05	8,3
Desvio Padrão	0,03	0,03	3,5
Amplitude	(0,01-0,07)	(0,02-0,08)	(5,8-13,5)

Tempo total (T) = 2 horas

* A, B, C, D – Equipamentos de infusão

1, 2, 7,10 – CH testados

4.1.2 - Resultados obtidos após a passagem das amostras pela bomba de infusão da marca VOLUMED μ VP 5005 - ARCHEMED coletadas na metade do tempo de infusão (T1/2) e no tempo total de infusão (T) com a velocidade V2 (240 mL/h).

Na tabela 4 estão representados os valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma (mmol/L) das amostras coletadas na metade do tempo de infusão (T1/2). O valor médio da Hb livre foi de 0,03 com desvio padrão de 0,02 e amplitude de 0,01-0,03. O valor médio da % de hemólise foi de 0,06 com desvio padrão de 0,03 e amplitude de 0,03-0,07. O valor médio, desvio padrão e amplitude do potássio livre no plasma foram, respectivamente, de 9,3; 1,6 e 7,2-10,6.

Tabela 4 - Distribuição dos valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma (mmol/L) obtidos na metade do tempo (T1/2) de infusão após a passagem dos concentrados de hemácias pelas bombas da marca VOLUMED μ VP 5005-ARCHEMED com V2.

N° da Amostra*	Hb livre (g/dL)	% Hemólise	K ⁺ livre (mmol/L)
A 4 2 T1/2	0.03	0.07	9.0
B 5 2 T1/2	0.01	0.03	7.2
C 8 2 T1/2	0.05	0.09	10.6
D 11 2 T1/2	0.02	0.05	10.4
Média	0,03	0,06	9,3
Desvio Padrão	0,02	0,03	1,6
Amplitude	(0,01-0,03)	(0,03-0,07)	(7,2-10,6)

Tempo total (T) = 1 hora

* A, B, C, D – Equipamentos de infusão

4, 5, 8,11 – CH testados

Os valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma (mmol/L) das amostras de concentrados de hemácias coletadas no tempo total de infusão (T) estão representados na tabela 5. O valor médio da Hb livre foi de 0,03, o desvio padrão foi de 0,02 e a amplitude observada foi de 0,01-0,05. O valor médio da % de hemólise foi de 0,07 com desvio padrão de 0,03 e amplitude de 0,03-0,09. O valor médio, desvio padrão e amplitude da concentração de potássio livre no plasma foram respectivamente, de 10,2; 2,2 e 7,5-12,3.

Tabela 5 - Distribuição dos valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma (mmol/L) obtidos no tempo total (T) de infusão após a passagem dos concentrados de hemácias pelas bombas da marca VOLUMED μ VP 5005-ARCHEMED com V2.

N° da Amostra*	Hb livre (g/dL)	% Hemólise	K ⁺ livre (mmol/L)
A 4 2 T	0.03	0.07	9.2
B 5 2 T	0.01	0.03	7.5
C 8 2 T	0.05	0.09	12.3
D 11 2 T	0.03	0.07	11.7
Média	0,03	0,07	10,2
Desvio Padrão	0,02	0,03	2,2
Amplitude	(0,01-0,05)	(0,03-0,09)	(7,5-12,3)

Tempo total (T) = 1 hora

* A, B, C, D – Equipamentos de infusão

4, 5, 8, 11 – CH testados

4.1.3 - Resultados obtidos após a passagem das amostras pela bomba de infusão da marca VOLUMED μ VP 5005 - ARCHEMED coletadas na metade do tempo de infusão (T1/2) e no tempo total de infusão (T) com a velocidade V3 (360 mL/h).

As amostras coletadas na metade do tempo de infusão (T1/2) obtiveram como valor médio da Hb livre 0,03, desvio padrão de 0,01 e amplitude de 0,01-0,04. O valor médio da % de hemólise foi de 0,06, com desvio padrão de 0,03 e amplitude de 0,02-0,09. O valor médio, desvio padrão e amplitude dos níveis potássio livre no plasma foram, respectivamente, de 12,9; 4,8 e 8,0-12,6. Valores representados na tabela 6.

Tabela 6 - Distribuição dos valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma (mmol/L) obtidos na metade do tempo (T1/2) de infusão após a passagem dos concentrados de hemácias pelas bombas da marca VOLUMED μ VP 5005-ARCHEMED com V3.

Nº da Amostra*	Hb livre (g/dL)	% Hemólise	K ⁺ livre (mmol/L)
A 3 3 T1/2	0.03	0.06	19.4
B 6 3 T1/2	0.02	0.05	12.6
C 9 3 T1/2	0.04	0.09	11.5
D 12 3 T1/2	0.01	0.02	8.0
Média	0,03	0,06	12,9
Desvio Padrão	0,01	0,03	4,8
Amplitude	(0,01-0,04)	(0,02-0,09)	(8,0-12,6)

Tempo total (T) = 30 minutos

*** A, B, C, D – Equipamentos de infusão**

3, 6, 9,12 – CH testados

Na tabela 7 estão representados os valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma (mmol/L) das amostras coletadas no tempo total de infusão (T) dos concentrados de hemácias após passagem pelas bombas. O valor médio da Hb livre foi de 0,03, com desvio padrão de 0,01 e amplitude de 0,01-0,04; o valor médio da % de hemólise foi de 0,06 com desvio padrão de 0,04 e amplitude de 0,04-0,10. O valor médio, desvio padrão e amplitude do potássio livre no plasma foram, respectivamente, de 13,2; 4,6 e 7,5-14,7.

Tabela 7 Distribuição dos valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma (mmol/L) obtidos no tempo total (T) de infusão após a passagem dos concentrados de hemácias pelas bombas da marca VOLUMED μ VP 5005-ARCHEMED com V3.

Nº da Amostra*	Hb livre (g/dL)	% Hemólise	K ⁺ livre (mmol/L)
A 3 3 T	0.02	0.04	18.4
B 6 3 T	0.03	0.07	12.1
C 9 3 T	0.04	0.10	14.7
D 12 3 T	0.01	0.02	7.5
Média	0,03	0,06	13,2
Desvio Padrão	0,01	0,04	4,6
Amplitude	(0,01-0,04)	(0,04-0,10)	(7,5-14,7)

Tempo total (T) = 30 minutos

*** A, B, C, D – Equipamentos de infusão**

3, 6, 9,12 – CH testados

4.2. - Resultados obtidos com o grupo controle antes da passagem dos concentrados de hemácias pela bomba de infusão da marca NUTRIMAT II-B/BRAUN.

Os dados referentes às amostras controle coletadas antes da passagem pelas bombas da marca Nutrimat II- B/Braun que possui o mecanismo peristáltico rotatório estão apresentados na tabela 8. Foram analisadas os valores da Hb livre (g/dL), da porcentagem (%) de hemólise e dos níveis de potássio livre no plasma. O valor médio da Hb livre foi de 0,03 com desvio padrão de 0,01 e amplitude de 0,02-0,05; a % de hemólise média obtida foi de 0,06, com desvio padrão de 0,02 e a amplitude de 0,04-0,09. O valor médio, desvio padrão e amplitude do potássio livre no plasma foram, respectivamente, de 9,1; 1,7 e 6,9-12,3.

Tabela 8-Distribuição dos valores de Hb livre (g/dL),% de hemólise ,e potássio livre no plasma(m mol/L) obtidos antes da passagem dos concentrados de hemácias pela bomba de infusão da marca NUTRIMAT II- B/BRAUN.

Nº da Amostra*	Hb livre (g/dL)	% Hemólise	K ⁺ livre (m mol/L)
E 13.1	0.02	0.04	7.7
E 14.2	0.02	0.04	8.6
E 15.3	0.03	0.07	9.8
F 16.1	0.04	0.09	7.2
F 17.2	0.05	0.09	9.5
F 18.3	0.03	0.07	9.5
G 19.1	0.03	0.05	12.3
G 20.2	0.02	0.06	8.1
G 21.3	0.03	0.07	11.2
H 22.1	0.02	0.04	10.4
H 23.2	0.02	0.04	6.9
H 24.3	0.03	0.08	7.5
Média	0,03	0,06	9,1
Desvio Padrão	0,01	0,02	1,7
Amplitude	(0,02-0,05)	(0,04-0,09)	(6,9-12,3)

*E, F, G, H – Equipamentos testados

Primeiro número – CH testado

Segundo número (1=v1; 2=v2; 3=v3) – Controle da velocidade de infusão

4.2.1 - Resultados obtidos após a passagem das amostras pela bomba de infusão da marca NUTRIMAT II- B/BRAUN coletadas na metade do tempo de infusão (T1/2) e no tempo total de infusão (T) com a velocidade V1 (120 mL/h).

Os valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma (mmol/L) das amostras coletadas na metade do tempo de infusão (T1/2) da passagem dos concentrados de hemácias pelas bombas estão representados na tabela 9 . O valor médio da Hb livre foi de 0,05 com desvio padrão de 0,01 e amplitude de 0,04-0,06; a média da % de hemólise foi de 0,12, com desvio padrão de 0,02 e amplitude de 0,09-0,14. O valor médio, desvio padrão e amplitude dos níveis de potássio livre no plasma foram, respectivamente, de 8,7; 2,6 e 6,9-12,5.

Tabela 9 - Distribuição dos valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma (mmol/L) obtidos na metade do tempo (T1/2) de infusão após a passagem dos concentrados de hemácias pelas bombas da marca NUTRIMAT II- B/BRAUN com V1.

Nº da Amostra*	Hb livre (g/dL)	% Hemólise	K ⁺ livre (mmol/L)
E 13.1.T1/2	0.05	0.11	6.9
F 16.1.T1/2	0.06	0.14	7.3
G 19.1.T1/2	0.04	0.09	12.5
H 22.1.T1/2	0.05	0.12	8.2
Média	0,05	0,12	8,7
Desvio Padrão	0,01	0,02	2,6
Amplitude	(0,04-0,06)	(0,09-0,14)	(6,9-12,5)

Tempo total (T) = 2 horas

***E, F, G, H – Equipamentos de infusão**

13, 16, 19, 22 – CH testados

Na tabela 10 estão representados os valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma (mmol/L) das amostras coletadas no tempo total de infusão (T). O valor médio obtido para a Hb livre foi de 0,02, o desvio padrão de 0,01, com amplitude de 0,01-0,03; a média de % de hemólise foi de 0,05, com desvio padrão de 0,03 e amplitude de 0,02-0,07. O valor médio, desvio padrão e amplitude do potássio livre no plasma foram, respectivamente, de 8,6; 2,4 e 6,5-11,2.

Tabela 10 Distribuição dos valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma (mmol/L) obtidos no tempo total (T) de infusão após a passagem dos concentrados de hemácias pelas bombas da marca NUTRIMAT II- B/BRAUN com V1.

N° da Amostra*	Hb livre (g/dL)	% Hemólise	K ⁺ livre (mmol/L)
E 13.1.T	0.01	0.02	6.5
F 16.1.T	0.02	0.05	11.2
G 19.1.T	0.03	0.07	8.2
H 22.1.T	.	.	.
Média	0,02	0,05	8,6
Desvio Padrão	0,01	0,03	2,4
Amplitude	(0,01-0,03)	(0,02-0,07)	(6,5-11,2)

Tempo total (T) = 2 horas

• Perda de amostras

*** E, F, G, H – Equipamentos de infusão**

13, 16, 19,22 – CH testados

4.2.2 - Resultados obtidos após a passagem das amostras pela bomba de infusão da marca NUTRIMAT II- B/BRAUN coletadas na metade do tempo de infusão (T1/2) e no tempo total de infusão (T) com a velocidade V2 (240 mL/h).

As amostras coletadas na metade do tempo final (T1/2) de infusão apresentaram os valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma (mmol/L) organizados na tabela 11. O valor médio da Hb livre foi de 0,03, desvio padrão de 0,01 e amplitude de 0,02-0,04; a média da % de hemólise foi de 0,07 com desvio padrão de 0,02 e amplitude de 0,04-0,08. O valor médio, desvio padrão e amplitude dos níveis de potássio livre no plasma foram, respectivamente, de 8,9; 1,4 e 8,1-10,9.

Tabela 11-Distribuição dos valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma(m mol/L) obtidos na metade do tempo total (T1/2) de infusão após a passagem dos concentrados de hemácias pelas bombas da marca NUTRIMAT II- B/BRAUN com V2.

Nº da Amostra*	Hb livre (g/dL)	% Hemólise	K ⁺ livre (m mol/L)
E 14.2.T1/2	0.02	0.04	8.3
F 17.2.T1/2	0.03	0.06	10.9
G 20.2.T1/2	0.03	0.08	8.1
H 23.2.T1/2	0.04	0.08	8.1
Média	0,03	0,07	8,9
Desvio Padrão	0,01	0,02	1,6
Amplitude	(0,02-0,04)	(0,04-0,08)	(8,1-10,9)

Tempo total (T) = 1 hora

* E, F, G, H – Equipamentos de infusão

14, 17, 20, 23 – CH testados

Na tabela 12 estão representados os valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma (mmol/L) das amostras coletadas no tempo total de infusão (T) da passagem dos concentrados de hemácias pela bomba. O valor médio da Hb livre foi de 0,03, desvio padrão de 0,01 e amplitude de 0,02-0,04; a média da % de hemólise foi de 0,06, com desvio padrão de 0,01 e amplitude de 0,05-0,08. O valor médio, desvio padrão e amplitude do potássio livre no plasma foram, respectivamente, de 9,2; 1,5 e 7,5-11,0.

Tabela 12 - Distribuição dos valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma (mmol/L) obtidos no tempo total (T) de infusão após a passagem dos concentrados de hemácias pelas bombas da marca NUTRIMAT II- B/BRAUN com V2.

Nº da Amostra*	Hb livre (g/dL)	% Hemólise	K ⁺ livre (m mol/L)
E 14.2.T	0.04	0.08	9.5
F 17.2.T	0.03	0.06	11.0
G 20.2.T	0.02	0.05	7.5
H 23.2.T	0.03	0.06	8.6
Média	0,03	0,06	9,2
Desvio Padrão	0,01	0,01	1,5
Amplitude	(0,02-0,04)	(0,05-0,08)	(7,5-11,0)

Tempo total (T) = 1 hora

* E, F, G, H – Equipamentos de infusão

14, 17, 20, 23 – CH testados

4.2.3 - Resultados obtidos após a passagem das amostras pela bomba de infusão da marca NUTRIMAT II- B/BRAUN coletadas na metade do tempo de infusão (T1/2) e no tempo total de infusão (T) com a velocidade V3 (360mL/h).

Os valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma (mmol/L) das amostras coletadas na metade do tempo de infusão (T1/2) dos concentrados de hemácias estão representados na tabela 13. O valor médio da Hb livre foi de 0,03, desvio padrão de 0,01 e amplitude de 0,02-0,05 ; a média % de hemólise foi de 0,07, desvio padrão de 0,02 e amplitude de 0,05-0,10. O valor médio, desvio padrão e amplitude dos níveis de potássio livre no plasma foram, respectivamente, de 8,3; 2,0 e 5,9-10,0.

Tabela 13 - Distribuição dos valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma (mmol/L) obtidos na metade do tempo (T1/2) de infusão após a passagem dos concentrados de hemácias pelas bombas da marca NUTRIMAT II- B/BRAUN com V3.

Nº da Amostra*	Hb livre (g/dL)	% Hemólise	K ⁺ livre (mmol/L)
E 15.3.T1/2	0.03	0.06	5.9
F 18.3.T1/2	0.05	0.10	9.9
G 21.3.T1/2	0.03	0.06	10.0
H 24.3.T1/2	0.02	0.05	7.4
Média	0,03	0,07	8,3
Desvio Padrão	0,01	0,02	2,0
Amplitude	(0,02-0,05)	(0,05-0,10)	(5,9-10,0)

Tempo total (T) = 30 minutos

* E, F, G, H – Equipamentos de infusão
15, 18, 21, 24 – CH testados

As amostras coletadas no tempo final (T) de infusão dos concentrados de hemácias após passagem pelas bombas apresentaram os valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma (mmol/L) organizados na tabela 14. O valor médio da Hb livre foi de 0,04, desvio padrão de 0,03 e amplitude de 0,01-0,09; a média da % de hemólise foi de 0,08, desvio padrão de 0,07 e amplitude de 0,02-0,19. O valor médio, desvio padrão e amplitude do potássio livre no plasma foram, respectivamente, de 9,3; 2,0 e 7,4-11,8.

Tabela 14-Distribuição dos valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma (mmol/L) obtidos no tempo total (T) de infusão após a passagem dos concentrados de hemácias pelas bombas da marca NUTRIMAT II- B/BRAUN com V3.

Nº da Amostra*	Hb livre (g/dL)	% Hemólise	K⁺ livre (mmol/L)
E 15.3.T	0.09	0.19	8.1
F 18.3.T	0.03	0.06	9.8
G 21.3.T	0.03	0.06	11.8
H 24.3.T	0.01	0.02	7.4
Média	0,04	0,08	9,3
Desvio Padrão	0,03	0,07	2,0
Amplitude	(0,01-0,09)	(0,02-0,19)	(7,4-11,8)

Tempo total (T) = 30 minutos

*** E, F, G, H – Equipamentos de infusão
15, 18, 21, 24 – CH testados**

4.3- Resultados obtidos com o grupo controle antes da passagem dos concentrados de hemácias pela bomba de infusão da marca INFUSOMAT COMPACT - B/BRAUN

A tabela 15 apresenta os dados referentes às amostras controle coletadas antes da passagem pelas bombas da marca INFUSOMAT COMPACT - B/BRAUN com mecanismo peristáltico linear. Foram analisados os valores da Hb livre (g/dL), (%) porcentagem de hemólise e potássio livre no plasma (mmol/L). O valor médio da Hb livre foi de 0,04, desvio padrão de 0,01 e amplitude de 0,02-0,05; a média da % de hemólise foi de 0,09, desvio padrão de 0,02 e amplitude de 0,05-0,12. O valor médio, desvio padrão e amplitude do potássio livre no plasma foram, respectivamente, de 13,3; 3,1 e 7,5-18,5.

Tabela 15-Distribuição dos valores de Hb livre (g/dL),% de hemólise e potássio livre no plasma (mmol/L) obtidos antes da passagem dos concentrados de hemácias pela bomba de infusão da marca INFUSOMAT COMPACT - B/BRAUN

Nº da Amostra*	Hb livre (g/dL)	% Hemólise	K ⁺ livre (mmol/L)
I 25.1	0,06	0,12	18,5
I 26.2	0,02	0,05	12,6
I 27.3	0,03	0,07	11,8
J 28.1	0,04	0,08	14,4
J 29.2	0,05	0,12	13,3
J 30.3	0,04	0,11	10,9
L 31.1	0,03	0,07	15,8
L 32.2	0,04	0,08	14,8
L 33.3	0,03	0,07	10,1
M 34.1	0,04	0,11	17,4
M 35.2	0,03	0,07	12,4
M 36.3	0,04	0,08	7,5
Média	0,04	0,09	13,3
Desvio Padrão	0,01	0,02	3,1
Amplitude	(0,02-0,05)	(0,05-0,12)	(7,5-18,5)

*I, J, L, M – Equipamentos testados

Primeiro número – CH testado

Segundo número (1=v1; 2=v2; 3=v3) – Controle da velocidade de infusão

4.3.1 - Resultados obtidos após a passagem das amostras pela bomba de infusão da marca INFUSOMAT COMPACT - B/BRAUN coletadas na metade do tempo de infusão (T1/2) e no tempo total de infusão (T) com a velocidade V1 (120 mL/h).

Os valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma (mmol/L) das amostras coletadas na metade do tempo de infusão (T1/2) dos concentrados de hemácias pelas bombas estão representados na tabela 16. O valor médio da Hb livre foi de 0,04, desvio padrão de 0,12 e amplitude de 0,02-0,05, a média da % de hemólise foi de 0,08, desvio padrão de 0,04 e amplitude de 0,06-0,12. O valor médio, desvio padrão e amplitude dos níveis de potássio livre no plasma foram, respectivamente, de 14,3; 1,7 e 12,0-16,2.

Tabela 16 - Distribuição dos valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma (mmol/L) obtidos na metade do tempo (T1/2) de infusão após a passagem dos concentrados de hemácias pelas bombas da marca INFUSOMAT COMPACT - B/BRAUN com V1.

N° da Amostra*	Hb livre (g/dL)	% Hemólise	K ⁺ livre (mmol/L)
I 25.1.T1/2	0.03	0.06	12,0
J 28.1.T1/2	0.02	0.04	14,3
L 31.1.T1/2	0.05	0.12	14,5
M 34.1.T1/2	0.04	0.09	16,2
Média	0,04	0,08	14,3
Desvio Padrão	0,01	0,04	1,7
Amplitude	(0,02-0,05)	(0,06-0,12)	(12,0-16,2)

Tempo total (T) = 2 horas

*** I, J, L, M – Equipamentos de infusão**

25, 28, 31, 34 – CH testados

Na tabela 17 estão representados os valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma (mmol/L) das amostras coletadas no tempo total de infusão (T). O valor médio da Hb livre foi de 0,04, desvio padrão de 0,01 e amplitude de 0,03-0,05; a média da % de hemólise foi de 0,09, desvio padrão de 0,03 e amplitude de 0,06-0,12. O valor médio, desvio padrão e amplitude do potássio livre no plasma foram, respectivamente, de 14,5; 2,3 e 12,2-17,6.

Tabela 17 - Distribuição dos valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma (mmol/L) obtidos no tempo total (T) de infusão após a passagem dos concentrados de hemácias pelas bombas da marca INFUSOMAT COMPACT - B/BRAUN com V1.

N° da Amostra*	Hb livre (g/dL)	% Hemólise	K ⁺ livre (mmol/L)
I 25.1.T	0.03	0.06	12,2
J 28.1.T	0.03	0.06	13,4
L 31.1.T	0.04	0.10	14,6
M 34.1.T	0.05	0.12	17,6
Média	0,04	0,09	14,5
Desvio Padrão	0,01	0,03	2,3
Amplitude	(0,03-0,05)	(0,06-0,12)	(12,2-17,6)

Tempo total (T) = 2 horas

*** I, J, L, M – Equipamentos de infusão**

25, 28, 31, 34 – CH testados

4.3.2 - Resultados obtidos após a passagem das amostras pela bomba de infusão da marca INFUSOMAT COMPACT - B/BRAUN coletadas na metade do tempo de infusão (T1/2) e no tempo total de infusão (T) com a velocidade V2 (240 mL/h).

As amostras coletadas na metade do tempo (T1/2) de infusão dos concentrados de hemácias após passagem pelas bombas obtiveram o valor médio da Hb livre de 0,04, desvio padrão de 0,01 e amplitude de 0,03-0,05; a média da % de hemólise foi de 0,10, desvio padrão de 0,02 e amplitude de 0,07-0,12. O valor médio, desvio padrão e amplitude dos níveis de potássio livre no plasma foram, respectivamente, de 12,3; 0,6 e 11,9-12,8. Mostrados na tabela 18.

Tabela 18-Distribuição dos valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma (mmol/L) obtidos na metade do tempo total (T1/2) de infusão após a passagem dos concentrados de hemácias pelas bombas da marca INFUSOMAT COMPACT - B/BRAUN com V2.

Nº da Amostra*	Hb livre (g/dL)	% Hemólise	K ⁺ livre (mmol/L)
I 26.2.T1/2	0.03	0.07	12,8
J 29.2.T1/2	0.05	0.12	11,9
L 32.2.T1/2	0.04	0.08	12,6
M 35.2.T1/2	0.05	0.11	11,6
Média	0,04	0,10	12,3
Desvio Padrão	0,01	0,02	0,6
Amplitude	(0,03-0,05)	(0,07-0,12)	(11,9-12,8)

Tempo total (T) = 1 hora

* I, J, L, M – Equipamentos de infusão

26, 29, 32, 35 – CH testados

Os valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma (mmol/L) das amostras coletadas no tempo total de infusão (T) estão representados na tabela 19. O valor médio da Hb livre foi de 0,03, desvio padrão de 0,01 e amplitude de 0,03-0,04; a média da % de hemólise foi de 0,07, desvio padrão de 0,01 e amplitude de 0,07-0,08. O valor médio, desvio padrão e amplitude dos níveis de potássio livre no plasma foram, respectivamente, de 12,4; 1,3 e 10,7-13,5.

Tabela 19 - Distribuição dos valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma (mmol/L) obtidos no tempo total (T) de infusão após a passagem dos concentrados de hemácias pelas bombas da marca INFUSOMAT COMPACT - B/BRAUN com V2.

Nº da Amostra*	Hb livre (g/dL)	% Hemólise	K ⁺ livre (mmol/L)
I 26.2.T	0.03	0.07	13,5
J 29.2.T	0.03	0.07	13,3
L 32.2.T	0.04	0.08	11,9
M 35.2.T	0.03	0.07	10,7
Média	0,03	0,07	12,4
Desvio Padrão	0,01	0,01	1,3
Amplitude	(0,03-0,04)	(0,07-0,08)	(10,7-13,5)

Tempo total (T) = 1 hora

* I, J, L, M – Equipamentos de infusão

26, 29, 32, 35 – CH testados

4.3.3 - Resultados obtidos após a passagem das amostras pela bomba de infusão da marca INFUSOMAT COMPACT - B/BRAUN coletadas na metade do tempo de infusão (T1/2) e no tempo total de infusão (T) com a velocidade V3 (360 mL/h).

Os valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma (mmol/L) das amostras coletadas na metade do tempo de infusão (T1/2) dos concentrados de hemácias estão representados na tabela 20 . O valor médio da Hb livre foi de 0,04, desvio padrão de 0,01 e amplitude de 0,02-0,05; a média da % de hemólise foi de 0,08, desvio padrão de 0,03 e amplitude de 0,05-0,11. O valor médio, desvio padrão e amplitude dos níveis do potássio livre no plasma foram, respectivamente, de 9,6; 2,1 e 7,0-11,8.

Tabela 20 - Distribuição dos valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma (mmol/L) obtidos na metade do tempo (T1/2) de infusão após a passagem dos concentrados de hemácias pelas bombas da marca INFUSOMAT COMPACT - B/BRAUN com V3.

Nº da Amostra*	Hb livre (g/dL)	% Hemólise	K ⁺ livre (mmol/L)
I 27.3.T1/2	0.02	0.05	11,8
J 30.3.T1/2	0.04	0.11	10,5
L 33.3.T1/2	0.05	0.11	9,2
M 36.3.T1/2	0.03	0.06	7,0
Média	0,04	0,08	9,6
Desvio Padrão	0,01	0,03	2,1
Amplitude	(0,02-0,05)	(0,05-0,11)	(7,0-11,8)

Tempo total (T) = 30 minutos

* I, J, L, M – Equipamentos de infusão

27, 30, 33, 36 – CH testados

Na tabela 21 estão representados os valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma (mmol/L) das amostras coletadas no tempo total de infusão (T). O valor médio da Hb livre foi de 0,03, desvio padrão de 0,01 e amplitude de 0,02-0,05; a média da % de hemólise foi de 0,08, desvio padrão de 0,03 e amplitude de 0,04-0,12. O valor médio, desvio padrão e amplitude do potássio livre no plasma foram, respectivamente, de 9,9; 2,4 e 7,0-11,9.

Tabela 21 - Distribuição dos valores de Hb livre (g/dL), % de hemólise e potássio livre no plasma mmol/L) obtidos no tempo total (T) de infusão após a passagem dos concentrados de hemácias pelas bombas da marca INFUSOMAT COMPACT - B/BRAUN com V3.

Nº da Amostra*	Hb livre (g/dL)	% Hemólise	K ⁺ livre (mmol/L)
I 27.3.T	0.02	0.04	11,9
J 30.3.T	0.03	0.08	11,7
L 33.3.T	0.05	0.12	8,9
M 36.3.T	0.03	0.06	7,0
Média	0,03	0,08	9,9
Desvio Padrão	0,01	0,03	2,4
Amplitude	(0,02-0,05)	(0,04-0,12)	(7,0-11,9)

Tempo total (T) = 30 minutos

* I, J, L, M – Equipamentos de infusão

27, 30, 33, 36 – CH testados

4.4 – Resultados gerais obtidos nas três (03) diferentes marcas de bombas de infusão verificados nas três (03) diferentes velocidades:

4.4.1 – Valor médio encontrado dos níveis de hemoglobina livre (g/dL) no plasma de concentrados de hemácias

Tabela 22 - Distribuição dos valores médios da concentração de Hb livre (g/dL) nas velocidades V1, V2, V3 em diferentes marcas de bombas de infusão

V	MARCA		
	VOLUMED µVP 5005- ARCHEMED	NUTRIMAT II- B/BRAUN	INFUSOMAT COMPACT - /BRAUN
V1	0,03	0,02	0,04
V2	0,03	0,03	0,03
V3	0,03	0,04	0,03
GC	0,03	0,03	0,04

V= Velocidade GC= Grupo controle

V1= 120mL/h; V2= 240mL/h; V3= 360 mL/h

4.4.2 – Valor médio encontrado da porcentagem de hemólise (%) nos concentrados de hemácias

Tabela 23 - Distribuição dos valores médios da porcentagem de hemólise (%) nas velocidades V1, V2, V3 em diferentes marcas de bombas de infusão

V	MARCA		
	VOLUMED µVP 5005- ARCHEMED	NUTRIMAT II- B/BRAUN	INFUSOMAT COMPACT - /BRAUN
V1	0,05	0,05	0,09
V2	0,07	0,06	0,07
V3	0,06	0,08	0,08
GC	0,07	0,06	0,09

V= Velocidade

V1= 120mL/h; V2= 240mL/h; V3= 360 mL/h

GC= Grupo controle

4.4.3 – Valor médio encontrado dos níveis de potássio livre no plasma de concentrados de hemácias

Tabela 24 - Distribuição dos valores médios dos níveis de potássio livre no plasma nas velocidades V1, V2, V3 em diferentes marcas de bombas de infusão

V	MARCA		
	VOLUMED µVP 5005- ARCHEMED	NUTRIMAT II- B/BRAUN	INFUSOMAT COMPACT - /BRAUN
V1	8,3	8,6	14,5
V2	10,2	9,2	12,4
V3	13,2	9,3	9,9
GC	10,1	9,1	13,3

V= Velocidade

V1= 120mL/h; V2= 240mL/h; V3= 360 mL/h

GC= Grupo controle

5.DISSCUSSÃO

5. DISCUSSÃO

A possível perspectiva de se utilizar aparelhos eletrônicos (bombas de infusão) na transfusão de Concentrado de Hemácias, capazes de proporcionar uma infusão de forma mais precisa e confiável, evitando os problemas relacionados à infusão gravitacional, motivou a realização da pesquisa. Estes equipamentos são especialmente úteis quando se deseja a transfusão de pequenos volumes ou uma velocidade de infusão muito precisa, como necessário em pediatria, neonatologia e em paciente adulto que requer cuidados especiais com relação à infusão de líquidos e sobrecarga de volume²³.

Alguns autores relatam a ocorrência de hemólise em concentrado de hemácias devido ao trauma mecânico provocado pela passagem na bomba de infusão^{24, 25, 26}. Outros autores citam que os níveis encontrados de hemólise, estão diretamente proporcionais ao tempo de estocagem do hemocomponente, bem como aos mecanismos utilizados pela bomba e calibre da agulha, níveis estes de magnitude que não causam adversidades que afetem clinicamente o paciente^{27,28}. Há também vários relatos em que os resultados obtidos revelam um percentual não significativo de hemólise o que não inviabilizaria a utilização dessas bombas na prática transfusional^{14, 28}.

Pacientes que recebem hemácias lisadas normalmente toleram bem a transfusão e não desenvolvem reações transfusionais importantes. Frequentemente, o único sinal detectado nesta situação é a hemoglobinúria. Entretanto, complicações mais graves como insuficiência renal e óbito já foram relatados²⁹.

No presente estudo observou-se que o efeito das diferentes marcas e mecanismos de bombas de infusão (peristáltico linear e peristáltico rotatório), tempo e velocidades (V1, V2, V3) não provocaram alterações significativas nos parâmetros analisados que evidenciam hemólise nos concentrados de hemácias, ou seja, níveis de hemoglobina livre e potássio plasmático, corroborando com os resultados obtidos por Hutchinson, 1985³⁰ e Burch, 1991¹⁴.

A variação do valor médio encontrado dos níveis de hemoglobina livre, 0,02 – 0,04 g/dL, e da porcentagem de hemólise, 0,05 - 0,09 %, para as diferentes marcas de bombas e velocidades de infusão, mostrados nas tabelas 22 e 23, respectivamente, após a passagem dos concentrados de hemácias, apresentaram valores inferiores a 0,2g/dL para a hemoglobina livre e 0,8% para o percentual de hemólise, considerados nível máximo permitido pela resolução nº 153, de 14 de junho de 2004 e também evidenciados por Gibson, 1984²⁷.

Componentes com hematócrito mais alto e, conseqüentemente, maior viscosidade são mais propensos a apresentar hemólise quando infundidos sob pressão, do que os componentes com menor viscosidade ou o sangue total. (cap 20 AABB). Em nosso estudo todas as unidades de concentrado de hemácias testadas foram produzidas com a adição de SAG-MANITOL, o que reduz o hematócrito do componente final⁴. Os resultados encontrados, portanto, não se aplicam à utilização de equipamentos de infusão para transfusão de componentes com hematócrito mais alto, ou seja, produzidos sem adição de soluções preservantes.

A concentração de potássio plasmático aumenta durante a estocagem, tendo como valores aproximadamente 50 mmol/l no 42º dia de armazenamento das unidades produzidas com solução aditiva e 75-100 mmol/l nas unidades produzidas com CPDA-1, no último dia de validade³¹. Todas as unidades de concentrado de hemácias utilizadas no estudo, foram analisadas até 10 dias após a coleta e apresentaram níveis de potássio plasmático que variaram de 5,1 a 18,5 mmol/l.

Após a transfusão, tão logo se inicie a atividade metabólica das hemácias transfundidas, ocorre uma tendência à normalização dos níveis de potássio intracelular, considerando que as células estocadas apresentam um déficit deste íon³¹. Alguns pacientes, entretanto, particularmente aqueles com insuficiência renal e neonatos, podem desenvolver hipercalemia clinicamente significativa³¹ caracterizada, principalmente, pelos efeitos neuromusculares decorrentes do aumento de potássio extra-celular³¹. Os sinais e sintomas estão

associados, sobretudo a alterações cardíacas (taquicardia, arritmia e parada cardíaca)³¹.

Em neonatos a hipercalemia é o distúrbio metabólico que representa maior risco de vida para o paciente³¹ e ações necessárias para sua prevenção devem ser adotadas rotineiramente. Considerando que o aumento do potássio plasmático pode estar relacionado com a lesão mecânica das células transfundidas, decorrente da utilização de equipamentos de infusão, exposição do componente a fonte de calor irradiante, tamanho da agulha, uso de drogas ou soluções em concomitância com a transfusão, entre outros, é necessário a monitorização constante da transfusão para evitar sua interferência.

A variação dos valores médios obtidos para os níveis de potássio livre no plasma, em nosso estudo, não apresentaram variações significativas no processo de infusão. Nota-se, entretanto certa discrepância nestes valores, porém os níveis encontrados após o processo de infusão mantinham uma direta relação com os níveis encontrados nas amostras controle (antes da passagem pela bomba), concordando com as análises realizadas por Burch;1991¹⁴.

Desta forma, o uso dos equipamentos de infusão analisados não interferiu no risco de desencadeamento de hipercalemia, por não desencadear o aumento significativo do potássio plasmático no componente infundido.

6.CONCLUSÃO

6. CONCLUSÃO

A partir dos dados obtidos no estudo, não houve hemólise significativa relacionada ao processo de infusão de Concentrado de Hemácias (CH) com até 10 dias de armazenamento e produzidos com SAG-MANITOL, utilizando os equipamentos de infusão testados (Nutrimat II - B/BRAUN, Volumed μ VP 5005 - ARCHEMED e Infusomat Compact - B/BRAUN), independente do tempo e velocidade de infusão.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GENETET B., ANDREUS G., BIDET J.M. **Guia de Hemoterapia Prática**. Editora Atheneu. São Paulo.1992.
2. SPIESS B.D., CONTS R.B., GOULD S.A. **Perioperative Transfusion Medicine: A history of transfusion**. Copyright Williams & Wilkins. cap.1: p. 3-14, 1998.
3. ZAGO A.M., FALCÃO R.P., PASQUINI R. **Hematologia Fundamentos e Prática**. Editora Atheneu. São Paulo. cap. 86: p. 1001-1016, 2005.
4. Diário Oficial da União (D.O.U); Poder Executivo de 24 de junho de 2004. **Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) 153, de 14 de junho de 2004**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA.
5. RAZOUK F.H., REICH E.M.V. Caracterização, produção e indicação clínica dos principais hemocomponentes. **Revista Brasileira de Hematologia**. v. 26(2): p. 126-134, 2004.
6. Terapêutica transfusional – **Manual para médicos**. AABB – 3ª edição. 1993.
7. Technical Manual Committee. Noninfectious complications of blood transfusion. **American Association of Blood Banks (AABB)**. 13º Edition. cap. 27: p. 577-600, 1999.
8. SILVA P.H., HASHIMOTO Y. Anemias normocíticas e normocrômicas. **Interpretação Laboratorial do Eritrograma**. Lovise, São Paulo. cap. 9: p. 111 – 114, 1999.
9. LONRENZI T.F. Fisiologia das células do sangue e da hemostasia. **Manual de Hematologia: Propedêutica e Clínica**. MEDSI, 3ª Edição. Rio de Janeiro. cap. 2: p. 56 – 64, 2003.
10. ANDREW D. Destruction of erythrocytes. **Wintrobe's Clinical Hematology**. Lea & Febiger. 9th Edition. Philadelphia. cap. 8: p. 195-222, 1993.
11. SAVITSKY J.P., DOOZI J., BLACK J. A clinical safety trial of free hemoglobin. **Clin. Pharm. Ther.** v. 23: p. 73, 1998.
12. SPIESS B.D., CONTS R.B., GOULD S.A. **Perioperative Transfusion Medicine: A history of transfusion**. Copyright Williams & Wilkins. cap. 1: p. 150-151, 1998.

13. NISHIYAMA T., HANAOKA K. Free hemoglobin concentrations in patients receiving massive blood transfusion during emergency surgery for trauma. **Canadian Journal of Anesthesia**. v. 47: p. 881-885, 2000.
14. BURCH K.J., PHELPS S.J., CONSTANCE T.D. 1991. Effect of an infusion device on the integrity of whole blood and packed red blood cells. **American Society of Hospital Pharmacists**. v. 48: p. 92-97, 1991.
15. BERNE, R.M., LEVY M.N., KOEPPEN B.M., STANTON B.A. Homeostase do potássio, cálcio e fosfato. **Fisiologia**. Elsevier. 5ª Edição. cap. 37: p. 729-747, 2004.
16. RODRIGUES J.A., PAIVA A., OLIVEIRA M.C. Evolução dos níveis de potássio extracelular nos concentrados eritrocitários desleucocitados e gama-irradiados, durante o armazenamento. **ABO**. v. 7: p. 23-29, 2001.
17. Metodologia para avaliação de desempenho essencial de bombas de infusão www.metodologia_2003.org.br/anais-congresso/ma0343.
18. ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **Prescrições para segurança de bombas e controladores de infusão**. Rio de Janeiro, ABNT, 1995. 84p.
19. EMERGENCY CARE RESEARCH INSTITUTE – ECRI – General Purpose infusion pumps. **Health devices**, v. 27 (4-5):p. 123-170, 1998.
20. Beaumont E. – IV infusion pumps. **Nurs. Manage.**, v. 18 (9):p. 26-32, 1995.
21. EMERGENCY CARE RESEARCH INSTITUTE – ECRI. – General Purpose infusion pumps. **Health devices**.v. 26 (2): p. 36-79, 1997.
22. ZIESMER S.C., O'BRIEN P. Methods for measuring plasma hemoglobin in micromolar concentration compared. **Clinical Chemistry**.v. 38: 132-140, 1992.
23. Technical Manual Committee. Administration of blood and components. **American Association of Blood Banks (AABB)**. 12º Edition. cap. 20: p. 447-459, 1996.
24. MACDONALD, W.B.; BERG, R.B. Hemolysis of transfused cells during use of the injection (push) technique for blood transfusion. **Pediatrics**. v. 23: p. 8-11, 1959.
25. WILCOX, G.J.; BARNES, A.; MONDANLOU, H. Does transfusion using a syringe infusion pump and small-gauge needle cause hemolysis? **Transfusion**. v. 21: p. 750-7, 1981;

26. THOMPSON, H. W.; LASKY, L. C.; POLESKY, H. F. Evaluation of a volumetric intravenous infusion pump for transfusion of blood components containing red cells. **Transfusion**. v. 26: p. 290-2, 1986.
27. GIBSON J.S.; LEFF R.D.;ROBERTS R.J. Effects of intravenous delivery systems on infused red blood cells. **American Journal of Pharmacy**. v .41: p 468-472.1984.
28. HERRERA A.J.; CORLESS J. Blood transfusions: effects of speed of infusion and of needle gauge on hemolysis. **J Pediatr**. cap. 99: p. 757-758, 1981.
29. Davenport R. D. Management of transfusion reactions. **Transfusion Therapy: Clinical Principles and Practice**. AABB Press, Bethesda. cap. 18: 359-378, 1999.
30. HUTCHINSON A.; YEOMAN P.M.; BRYNE A.J. Evaluation of the IVAC 560 volumetric pump: a clinical and laboratory study. **Anaesthesia**. v. 40: p. 996-9, 1985.
31. PISCIOTTO P. T., LUBAN N. L. C. Complications of neonatal transfusions. **Transfusion Reactions**. AABB Press, Bethesda. cap. 12: p. 321-56, 1996.

8. ANEXO

8. ANEXO

8.1 - Estatísticas Descritivas

Tabela 01 – Estatísticas descritivas para a hemoglobina livre (g/dL) nos tempos inicial e final

	Modelo de bombas	Velocidade	Média	Desvio Padrão	N
Hb no Tempo inicial (g/dL)	VOLUMED uVP 5005 - ARCHEMED	1	0,03	0,02	4
		2	0,04	0,03	4
		3	0,03	0,01	4
		Total	0,03	0,02	12
	NUTRIMAT II – B/BRAUN	1	0,03	0,01	3
		2	0,03	0,02	4
		3	0,03	0,00	4
		Total	0,03	0,01	11
	INFUSOMAT COMPACT – B/BRAUN	1	0,04	0,01	4
		2	0,04	0,01	4
		3	0,04	0,01	4
		Total	0,04	0,01	12
	Total das três modelos	1	0,03	0,01	11
		2	0,03	0,02	12
		3	0,03	0,01	12
		Total	0,03	0,01	35
Hb em duas horas (g/dL)	VOLUMED uVP 5005 - ARCHEMED	1	0,03	0,03	4
		2	0,03	0,02	4
		3	0,03	0,01	4
		Total	0,03	0,02	12
	NUTRIMAT II – B/BRAUN	1	0,02	0,01	3
		2	0,03	0,01	4
		3	0,04	0,03	4
		Total	0,03	0,02	11
	INFUSOMAT COMPACT – B/BRAUN	1	0,04	0,01	4
		2	0,03	0,01	4
		3	0,03	0,01	4
		Total	0,03	0,01	12
	Total das três modelos	1	0,03	0,02	11
		2	0,03	0,01	12
		3	0,03	0,02	12
		Total	0,03	0,02	35

Fonte: GAUSS – Empresa Júnior de Estatística – UFC

Tabela 02 – Estatísticas descritivas para a hemólise (%) nos tempos inicial e final

	Modelo de bombas	Velocidade	Média	Desvio Padrão	N
Hemólise (%) no Tempo inicial	VOLUMED uVP 5005 - ARCHEMED	1	0,08	0,05	4
		2	0,08	0,06	4
		3	0,06	0,02	4
		Total	0,07	0,04	12
	NUTRIMAT II – B/BRAUN	1	0,06	0,03	3
		2	0,06	0,02	4
		3	0,07	0,01	4
		Total	0,06	0,02	11
	INFUSOMAT COMPACT – B/BRAUN	1	0,10	0,02	4
		2	0,08	0,03	4
		3	0,08	0,02	4
		Total	0,09	0,02	12
Hemólise (%) em duas horas	VOLUMED uVP 5005 - ARCHEMED	1	0,08	0,03	11
		2	0,07	0,04	12
		3	0,07	0,02	12
		Total	0,07	0,03	35
	NUTRIMAT II – B/BRAUN	1	0,05	0,03	4
		2	0,07	0,03	4
		3	0,06	0,04	4
		Total	0,06	0,03	12
	NUTRIMAT II – B/BRAUN	1	0,05	0,03	3
		2	0,06	0,01	4
		3	0,08	0,07	4
		Total	0,07	0,05	11
	INFUSOMAT COMPACT – B/BRAUN	1	0,09	0,03	4
		2	0,07	0,01	4
		3	0,08	0,03	4
		Total	0,08	0,02	12
Total das três modelos		1	0,06	0,03	11
		2	0,07	0,02	12
		3	0,07	0,05	12
		Total	0,07	0,03	35

Fonte: GAUSS – Empresa Júnior de estatística – UFC

Tabela 03 – Estatísticas descritivas para o potássio livre (m mol/L) nos tempos inicial e final

	Modelos de bombas	Velocidade	Média	Desvio Padrão	N
Potássio no tempo inicial (m mol/L)	VOLUMED uVP 5005 - ARCHEMED	1	8,18	3,52	4
		2	9,68	2,63	4
		3	12,33	4,66	4
		Total	10,06	3,79	12
	NUTRIMAT II – B/BRAUN	1	9,07	2,81	3
		2	8,28	1,08	4
		3	9,50	1,53	4
		Total	8,94	1,71	11
	INFUSOMAT COMPACT – B/BRAUN	1	16,53	1,80	4
		2	13,28	1,09	4
		3	10,08	1,85	4
		Total	13,29	3,12	12
Total das três modelos	1	11,45	4,75	11	
	2	10,41	2,71	12	
	3	10,63	3,02	12	
	Total	10,81	3,49	35	
Potássio em duas horas (m mol/L)	VOLUMED uVP 5005 - ARCHEMED	1	8,28	3,53	4
		2	10,18	2,23	4
		3	13,18	4,58	4
		Total	10,54	3,86	12
	NUTRIMAT II – B/BRAUN	1	8,63	2,38	3
		2	9,15	1,48	4
		3	9,28	1,96	4
		Total	9,05	1,74	11
	INFUSOMAT COMPACT – B/BRAUN	1	14,45	2,32	4
		2	12,35	1,31	4
		3	9,88	2,36	4
		Total	12,23	2,69	12
Total das três modelos	1	10,62	3,97	11	
	2	10,56	2,09	12	
	3	10,78	3,39	12	
	Total	10,65	3,13	35	

Fonte: GAUSS – Empresa Júnior de Estatística – UFC

8.2 - Análise Multivariada de Variância

Tabela 04 – Estatística multivariadas para hemoglobina livre

Efeito	Crítério	F	Nível descritivo Pr > F
Tempo	Traço de Pillai	0,130	0,721
	Lambda de Wilk's	0,130	0,721
	Traço de Hotelling	0,130	0,721
	Raiz Máxima de Roy	0,130	0,721
Tempo * Modelo	Traço de Pillai	0,151	0,861
	Lambda de Wilk's	0,151	0,861
	Traço de Hotelling	0,151	0,861
	Raiz Máxima de Roy	0,151	0,861
Tempo * Velocidade	Traço de Pillai	0,362	0,699
	Lambda de Wilk's	0,362	0,699
	Traço de Hotelling	0,362	0,699
	Raiz Máxima de Roy	0,362	0,699
Tempo * Modelo * Velocidade	Traço de Pillai	0,414	0,797
	Lambda de Wilk's	0,414	0,797
	Traço de Hotelling	0,414	0,797
	Raiz Máxima de Roy	0,414	0,797

Fonte: GAUSS – Empresa Júnior de Estatística – UFC

Utilizando uma significância de 1%, verificamos que não há diferença significativa para as médias de hemoglobina livre antes da passagem dos concentrados de hemácias pelas bombas, nem depois (tempos inicial e final).

Em relação ao tempo (inicial e final), também não há diferença significativa entre os modelos das bombas, nem entre as velocidades, ou seja, os valores médios de Hb livre são iguais nos tempos inicial e final tanto para os modelos como para as velocidades.

Tabela 05 – Testes estatísticos para Hb livre

	F	Nível descritivo Pr > F
Modelo	1,081	0,354
Velocidade	0,006	0,994
Modelo * Velocidade	0,582	0,679

Fonte: GAUSS – Empresa Júnior de Estatística – UFC

Realizando teste para igualdade de médias com uma significância de 1%, podemos concluir que não há diferença entre as médias de Hb livre dos modelos de bombas de infusão, não havendo assim, diferença entre os mecanismos peristáltico linear e peristáltico rotatório.

A diferença entre as médias de Hb livre quanto às velocidades também não foi confirmada pelo teste, concluindo assim que as médias de Hb livre são iguais nas três velocidades.

Tabela 06 – Estatística multivariadas para hemólise (%)

Efeito	Crítério	F	Nível descritivo Pr > F
Tempo	Traço de Pillai	0,822	0,373
	Lambda de Wilk's	0,822	0,373
	Traço de Hotelling	0,822	0,373
	Raiz Máxima de Roy	0,822	0,373
Tempo * Modelo	Traço de Pillai	0,259	0,773
	Lambda de Wilk's	0,259	0,773
	Traço de Hotelling	0,259	0,773
	Raiz Máxima de Roy	0,259	0,773
Tempo * Velocidade	Traço de Pillai	0,520	0,601
	Lambda de Wilk's	0,520	0,601
	Traço de Hotelling	0,520	0,601
	Raiz Máxima de Roy	0,520	0,601
Tempo * Modelo * Velocidade	Traço de Pillai	0,113	0,977
	Lambda de Wilk's	0,113	0,977
	Traço de Hotelling	0,113	0,977
	Raiz Máxima de Roy	0,113	0,977

Fonte: Gauss – Empresa Júnior de Estatística – UFC

Podemos concluir que não há diferença significativa entre as médias dos percentuais de hemólise antes da passagem dos concentrados de hemácias pelas bombas nem depois (tempos inicial e final).

Os modelos das bombas e as velocidades não apresentaram diferença significativa, entre as médias, para o percentual de hemólise em relação ao tempo.

Tabela 07 – Testes estatísticos para hemólise (%)

	F	Nível descritivo Pr > F
Modelo	2,003	0,155
Velocidade	0,031	0,970
Modelo * Velocidade	0,751	0,566

Fonte: Gauss – Empresa Júnior de Estatística – UFC

Ao realizarmos teste para igualdade de médias com uma significância de 1%, podemos concluir que não há diferença no valor médio do percentual de hemólise entre os modelos de bombas de infusão, não havendo assim, diferença entre os mecanismos peristáltico linear e peristáltico rotatório.

A igualdade entre as médias do percentual de hemólise nas velocidades foi confirmada pelo teste, concluindo assim que as médias de hemólise (%) são iguais nas três velocidades.

Tabela 08 – Estatísticas multivariadas para Potássio livre (m mol/L)

Efeito	Critério	F	Nível descritivo Pr > F
Tempo	Traço de Pillai	0,288	0,596
	Lambda de Wilk's	0,288	0,596
	Traço de Hotelling	0,288	0,596
	Raiz Máxima de Roy	0,288	0,596
Tempo * Modelo	Traço de Pillai	2,200	0,131
	Lambda de Wilk's	2,200	0,131
	Traço de Hotelling	2,200	0,131
	Raiz Máxima de Roy	2,200	0,131
Tempo * Velocidade	Traço de Pillai	0,957	0,397
	Lambda de Wilk's	0,957	0,397
	Traço de Hotelling	0,957	0,397
	Raiz Máxima de Roy	0,957	0,397
Tempo * Modelo * Velocidade	Traço de Pillai	0,358	0,836
	Lambda de Wilk's	0,358	0,836
	Traço de Hotelling	0,358	0,836
	Raiz Máxima de Roy	0,358	0,836

Fonte: Gauss – Empresa Júnior de Estatística – UFC

Ao compararmos as médias de potássio livre no plasma antes da passagem dos concentrados de hemácias pelas bombas e depois (em relação aos tempos inicial e final), observa-se que não há diferença significativa. Assim como ocorre com os modelos e as velocidades (também medidas em relação ao tempo inicial e final).

Tabela 09 – Testes estatísticos para potássio livre (m mol/L)

	F	Nível descritivo Pr > F
Modelo	7,089	0,003
Velocidade	0,067	0,935
Modelo * Velocidade	4,304	0,008

Fonte: Gauss – Empresa Júnior de Estatística – UFC

Comparadas entre si, os modelos apresentaram diferença significativa nas médias de potássio livre no plasma, obtendo assim diferença no cruzamento com as velocidades.

Tabela 10 – Testes estatísticos entre os modelos (dois a dois) para Potássio livre (m mol/L)

(I) Modelos das bombas	(J) Modelos das bombas	Média da diferença (I-J)	Desvio Padrão	Nível descritivo Pr > F	Intervalo de confiança para a diferença (95%)	
					Valor inferior	Valor superior
VOLUMED uVP 5005 - ARCHEMED	NUTRIMAT II – B/BRAUN	1,317	1,024	0,21	-0,789	3,422
	INFUSOMAT COMPACT – B/BRAUN	-2,458	0,997	0,021	-4,507	-0,409
NUTRIMAT II – B/BRAUN	VOLUMED uVP 5005 - ARCHEMED	-1,317	1,024	0,21	-3,422	0,789
	INFUSOMAT COMPACT – B/BRAUN	-3,775	1,024	0,001	-5,88	-1,67
INFUSOMAT COMPACT – B/BRAUN	VOLUMED uVP 5005 - ARCHEMED	2,458	0,997	0,021	0,409	4,507
	NUTRIMAT II – B/BRAUN	3,775	1,024	0,001	1,67	5,88

Fonte: Gauss – Empresa Júnior de Estatística – UFC

Ao testar os modelos dois a dois, observamos que os modelos NUTRIMAT II – B/BRAUN e INFUSOMAT COMPACT – B/BRAUN diferem entre si. Ou seja, o modelo INFUSOMAT COMPACT – B/BRAUN apresenta maior valor médio de potássio livre no plasma (m mol/L) que o modelo NUTRIMAT II – B/BRAUN.