

## Acessibilidade, biodisponibilidade e consumo de alimentos fontes de carotenoides e vitamina A em crianças de até 5 anos

Talita Braga de Brito Nogueira, Thais de Oliveira Alves, Tatiana de Souza Medina, Fabiana Ramos Nascimento, Talita Pimenta do Nascimento, Mariana Simões Larraz Ferreira<sup>1</sup>

### RESUMO

Simultaneamente à epidemia mundial de sobrepeso e obesidade, existem ainda deficiências nutricionais endêmicas, tais como a hipovitaminose A em diversas regiões do mundo. A hipovitaminose A pode causar xerofthalmia (cegueira noturna e ressecamento dos olhos), cegueira e predispor ao risco de morte milhares de crianças no mundo, principalmente nos países em desenvolvimento, inclusive no Brasil, o que indica a necessidade de implementação de estratégias públicas efetivas para controlar e prevenir distúrbios nutricionais e suas complicações neste ciclo de vida. Evidências científicas apontam que o consumo de frutas e verduras, ricas em carotenoides, é capaz de melhorar o estado de deficiência nutricional em vitamina A em crianças. Assim, informações combinadas sobre o perfil de consumo alimentar, a acessibilidade, a composição e a biodisponibilidade de carotenoides em alimentos-fonte e em suplementos de vitamina A são fundamentais no combate à hipovitaminose A em crianças menores de cinco anos, principalmente em países em desenvolvimento. Dentro desse contexto, esta revisão traz como objetivos avaliar os dados obtidos sobre acessibilidade, biodisponibilidade e consumo alimentar de alimentos ricos em carotenoides e vitamina A na intervenção efetiva para prevenção e do controle da hipovitaminose A em crianças menores de 5 anos no mundo.

**Palavras-chave:** Bioacessibilidade. Consumo alimentar. Crianças. Pró-vitamina. Retinol. Vitamina A.

### ABSTRACT

*Simultaneously to the worldwide overweight and obesity epidemic, nutritional deficiencies are still endemic around the world, such as hypovitaminosis A. Hypovitaminosis A can cause xerophthalmia (night blindness and dry eye), blindness and expose to risk of death thousands of children in the world, mainly in developing countries, including Brazil, which indicates the need to implement effective public strategies to control and prevent nutritional disorders and their complications in this stage of life. Scientific evidences indicate that the consumption of fruits and vegetables, rich in carotenoids, can improve the state of nutritional deficiency of vitamin A in children. In this way, combined information about the profile of food consumption, accessibility, composition and bioavailability of carotenoids in foods and in vitamin A supplements are essential to combat hypovitaminosis A in children under five years old, especially in developing countries. In this context, this review aimed to evaluate the data obtained on accessibility, bioavailability and dietary intake of foods rich in carotenoids and vitamin A on effective intervention for the prevention and control of hypovitaminosis A in children under 5 years old around the world.*

**Keywords:** Bioaccessibility. Food Consumption. Children. Pro-Vitamin. Retinol. Vitamin A.

---

Instituição: Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

<sup>1</sup> **Autor para correspondência:**

Mariana Simões Larraz Ferreira - E-mail: mariana.ferreira@unirio.br

Laboratório de Bioativos, Programa de Pós Graduação em Alimentos e Nutrição (PPGAN)

Escola de Nutrição da UNIRIO - Departamento de Ciência dos Alimentos

Endereço: Avenida Pasteur, 296 – Urca - CEP 22290-240

Telefone: +55 21 2542 7269

## 1. INTRODUÇÃO

A hipovitaminose A é um dos principais problemas da saúde pública que acomete os grupos populacionais suscetíveis e torna-se de grande preocupação quando atinge grupos como as crianças menores de cinco anos. Mundialmente, cerca de 190 milhões de crianças em idade pré-escolar são afetadas pela deficiência em vitamina A, principalmente nos continentes africano e asiático (1).

A deficiência em vitamina A ocorre quando há uma baixa ingestão de alimentos ricos em carotenoides e vitamina A ocasionando, principalmente em crianças menores de cinco anos, mortes por sarampo e diarreia, como também a xerofthalmia, possível causa da cegueira noturna, ceratomalácia, cicatrizes da córnea e cegueira permanente (2-5). A deficiência em vitamina A é a causa mais comum de cegueira e pode ser prevenida na população infantil. Os Fatores como a desnutrição, a falta de acesso a suplementos alimentares, condições precárias de saúde, baixa escolaridade materna e condição socioeconômica familiar desfavorável contribuem para o aumento da taxa de hipovitaminose A em crianças residentes em países em desenvolvimento (4).

Além da vulnerabilidade social, a ingestão inadequada de vitamina A e carotenoides das nutrizes e a falta ou pequena oferta de alimentos ricos em vitamina A, durante a introdução da alimentação complementar após os 6 meses da criança, são condições que agravam ainda mais a ocorrência de hipovitaminose A nessa população (6). Portanto, para sanar a carência nutricional, os grupos populacionais mais suscetíveis, precisam do acesso a alimentos fontes de vitamina A quer seja de origem animal (equivalentes de retinol) ou vegetal (pró-vitamina A), desde que apresentem alta biodisponibilidade.

Evidências científicas indicam que o consumo de frutas e verduras, ricas em carotenoides, é capaz de melhorar o estado de deficiência nutricional em vitamina A em crianças. Assim, a inclusão de alimentos-fonte de carotenoides na dieta da população, juntamente com a promoção da educação nutricional para que estes alimentos sejam consumidos junto a fontes de gordura e após técnicas de preparo adequadas, configuram importantes ações para diminuir a incidência da hipovitaminose A em crianças.

Existem investigações na literatura sobre a biodisponibilidade dos carotenoides pró-vitamínicos, no entanto este estudo é complexo devido à influência de diversos fatores. Ademais, alguns resultados de estudos sobre a biodisponibilidade de carotenoides têm sido muitas vezes inconsistentes ou inconclusivos devido à grande variação nas respostas individuais e a existência de indivíduos que não respondem à intervenção (7). Portanto, faz-se necessário a avaliação de dados publicados com relação à suplementação e biodisponibilidade de carotenoides e vitamina A, bem como das medidas de prevenção e de controle da hipovitaminose A em crianças menores de 5 anos que possam estimar se os resultados esperados têm sido alcançados. Dentro desse contexto, esta narrativa da literatura teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica para avaliar dados publicados sobre acessibilidade, biodisponibilidade e consumo de alimentos ricos em carotenoides e vitamina A, bem como acerca das intervenções para prevenção e controle da hipovitaminose A em crianças menores de 5 anos no mundo.

## 2. MÉTODO

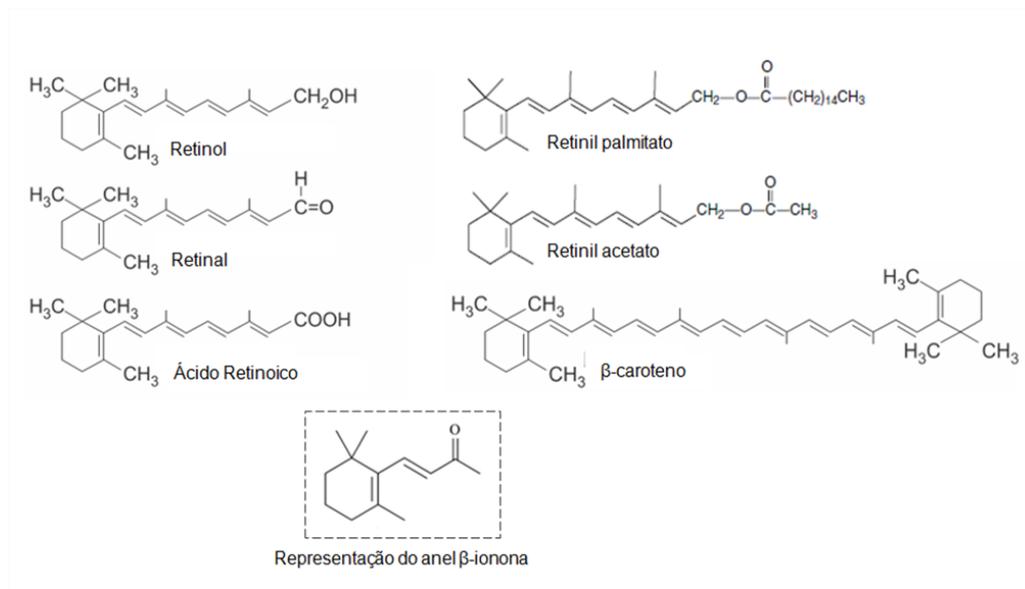
A busca de dados científicos foi realizada a partir da pesquisa de artigos que analisaram a acessibilidade, biodisponibilidade e consumo alimentar de alimentos ricos em carotenoides e vitamina A em crianças menores de cinco anos; bem como outras alterações nutricionais e intervenções relacionadas à hipovitaminose A. Realizou-se a revisão de literatura de artigos publicados em inglês e português, utilizando como base de dados eletrônica o SCIELO Brasil – *Scientific Eletronic Library online*, o Portal CAPES e a Biblioteca Virtual de Saúde, além dos sites da Organização Mundial de Saúde (OMS) e Ministério da Saúde, a fim de identificar publicações no período de 1993 a 2018. Foram excluídas as publicações que não apresentassem texto completo e que não se adequasse ao tema abordado.

A busca nas fontes supracitadas foi realizada utilizando os seguintes descritores: "Vitamina A" AND "biodisponibilidade" e "crianças" AND "carotenoides", e os correspondentes em inglês "Vitamin A" AND

“biodisponibility” AND “children” AND “carotenoids”. Ao final, foram selecionados 53 artigos e 2 relatórios internacionais resultantes das pesquisas nas bases e da pesquisa complementar para compor esta revisão.

### 3. PROPRIEDADES GERAIS DA VITAMINA A

A vitamina A ou retinoide é uma vitamina lipossolúvel que pode ser encontrada em três diferentes compostos que apresentam atividades metabólicas, como o álcool, aldeído e o ácido, presente nas estruturas do retinol, retinal ou ácido retinoico. Os retinoides apresentam uma estrutura química formada por uma cadeia de hidrocarbonetos insaturados com quatro unidades de isoprenoides (Figura 1).



**Figura.1** Estruturas de retinoides comuns.

As formas ativas da vitamina A, dentre elas, o retinol e seus ésteres, retinal e, em menores concentrações o ácido retinoico são encontrados em tecidos animais e suas concentrações são maiores no fígado, principal órgão de armazenamento da vitamina (8, 9). Nos vegetais, encontram-se os carotenoides, que ao serem metabolizados no organismo podem produzir retinoides, porém, apenas 50 dos 600 tipos de carotenoides encontrados possuem atividade de pró-vitamina A expressiva, sendo o de maior atividade pró-vitamínica o β-caroteno que após passar pela mucosa intestinal, libera duas moléculas de retinol por clivagem enzimática oxidativa, contudo, apresenta apenas 50% da atividade de vitamina A em relação ao retinol (1:2) (8, 9). Portanto, para que haja uma atividade de pró-vitamina A significativa, estes devem ser semelhantes ao retinol, possuindo necessariamente um anel β-ionona intacto e não oxigenado em sua estrutura e ter uma cadeia lateral de isoprenoides com um álcool, aldeídos ou uma carboxila em sua terminação, conforme apresentado na figura 1.

#### 3.1. FUNÇÕES E FONTES DE VITAMINA A

A vitamina A possui diversas funções essenciais: principalmente visual mas também sistêmica atuando no crescimento, desenvolvimento, funções imunológicas e de reprodução. O retinal está presente na estrutura de pigmentos visuais dos cones e bastonetes da retina, sendo essencial para a fotorrecepção (4). O ácido retinoico atua como um hormônio modulador da expressão de genes específicos, agindo sobre a síntese proteica e outros processos corporais, dentre estes, morfogênese durante o desenvolvimento embrionário e função celular epitelial (10). Outras funções estão relacionadas à reprodução, o desenvolvimento e função óssea e manutenção do sistema imune (11). Outro papel do retinol está ligado à síntese de glicoproteínas,

importantes para agregação e reconhecimento celular. Os carotenoides podem ainda atuar como antioxidante (9).

A vitamina A pré-formada é encontrada em alimentos de origem animal, sendo observados teores muito elevados em óleos de fígado de bacalhau e de linguado gigante. Os carotenoides (pró-vitamina A) são encontrados em vegetais folhosos verde-escuros e vegetais e frutas amarelo-alaranjadas (12). Dentre eles, destacam-se a abóbora, cenoura, manga, batata doce, espinafre, mostarda e couve, mas também frutos de palmeiras como o bacuri, bocaiúva, tucumã, macaúba e pupunha, como importantes fontes regionais de carotenoides no Brasil (como revisado em Rodriguez-Amaya et al., (7). Os carotenoides desses frutos de palmeiras apresentam ainda a vantagem de ter uma excelente biodisponibilidade (7). O buriti e o dendê são consideradas as fontes mais ricas de pró-vitamina A encontradas no Brasil (7, 13), sendo inquestionável seu potencial como fonte de carotenoides no combate à hipovitaminose A, podendo ser incorporados a óleos comestíveis mais consumidos como óleo de soja e margarina (12).

É importante ressaltar também que no Brasil existem bases de dados publicadas contendo informações sobre o teor de carotenoides nos alimentos (7) e que estas devem ser atualizadas de maneira a incorporar alimentos regionais ou não convencionais que contêm alto teor de carotenoides ou ainda informações sobre o teor de carotenoides em cascas ou outras partes não comumente comestíveis, como no caso da acerola e cajá (14).

### 3.2. ABSORÇÃO E TRANSPORTE

Retinoides e carotenoides pró-vitamínicos possuem uma estrutura apolar que confere a estes compostos características lipofílicas promovendo alta associação a lipídios, organelas específicas ou proteínas transportadoras tanto em alimentos, quanto em células vivas. Observa-se a formação de micelas dispersas em meio aquoso e em muitos sistemas alimentares (8). Junto com outros lipídios, os retinoides e carotenoides são agregados em micelas para que haja absorção passiva nas células da mucosa intestinal.

Para que ocorra a digestão de carotenoides pró-vitamina A, as proteínas que estão complexadas com estes compostos são hidrolisadas por proteases encontradas no estômago e intestino delgado e os ésteres de retinol são hidrolisados a retinol e ácidos graxos pelas lipases do intestino delgado.

Nas células da mucosa intestinal, o retinol se liga à Proteína Celular Fixadora de Retinol (RBP), sendo reesterificado pela lecitina retinol aciltransferase em ésteres de retinil. Então, os carotenoides e ésteres de retinil são agregados aos quilomícrons e transportados na linfa e corrente sanguínea. Os quilomícrons remanescentes liberam ésteres de retinil para o fígado, onde ocorre a sua hidrólise em retinol e ácidos graxos livres. O retinol formado pode seguir por três destinos metabólicos: (1) ligação à CRBP, atuando no controle das concentrações de retinol, evitando toxicidade nas células; (2) reesterificação do retinol formando retinil palmitato com fins de armazenamento, sendo que a vitamina A é armazenada principalmente no fígado (50-80%); (3) ligação à proteína ligadura de retinol (RBP), que deixa o fígado e vai para o sangue se ligando à proteína transtirretina (TTR) formando assim um complexo para transportar o retinol para o sangue dos tecidos periféricos (8, 9).

Esse complexo libera o retinol para outros tecidos por meio de receptores da superfície celular para posterior liberação da apoloproteína ligante de Apo RBP em proteína ligante e TTR para o fígado. A Apo RBP é então, metabolizada e excretada pelos rins. Proteínas Celulares Ligantes de Ácido Retinóico (CRABP) se ligam ao ácido retinóico na célula atuando no controle das concentrações do ácido assim como a CRBP atua no controle do retino (9).

### 3.3. BIODISPONIBILIDADE

O termo biodisponibilidade “refere-se à fração de qualquer nutriente ingerido que tem o potencial para suprir demandas fisiológicas em tecidos-alvo” (15). O estudo de biodisponibilidade necessita do

entendimento dos fatores que influenciam, além de precisar as taxas de utilização do nutriente absorvido (16, 17). Desse modo, entende-se por biodisponibilidade de carotenoides a quantidade de carotenoides que é absorvida pelo intestino e chega a ser disponibilizada aos tecidos-avos, enquanto que a conversão da pró-vitamina A absorvida para retinol é denominada de bioconversão (7). A absorção de retinoides ocorre de forma eficiente na presença de lipídios, indicando que a biodisponibilidade desta vitamina depende da ingestão concomitante de lipídios na alimentação. Já a biodisponibilidade de carotenoides é diminuída na presença de proteínas vegetais (8).

Existem muitas discussões sobre a biodisponibilidade dos carotenoides pró-vitamínicos, no entanto o estudo da biodisponibilidade destes compostos é complexo devido à influência de diversos fatores (7), incluindo a especiação de carotenoides, sua ligação molecular, a quantidade ingerida destes compostos e a matriz alimentar (11). Primeiramente, para uma absorção adequada de carotenoides da dieta é necessário cumprir as etapas de:

- a) digestão da matriz alimentar,
- b) formação de micelas lipídicas no trato gastrointestinal,
- c) captação dos carotenoides pelas células da mucosa intestinal,
- d) transporte dos carotenoides e seus produtos metabólicos até a linfa e a circulação portal (18, 19).

Alguns fatores que afetam a absorção dos carotenoides estão relacionados aos alimentos e envolvem: teor e natureza dos carotenoides, natureza da matriz e estado físico dos carotenoides, métodos de preparo ou processamento, competição/interação com outros carotenoides e forma como estão ligados a outros componentes como gorduras, proteínas e fibras, impactando na sua liberação para o meio (19, 20).

O cozimento dos alimentos melhora a biodisponibilidade dos carotenoides por facilitar a extração do  $\beta$ -caroteno da matriz alimentar, aumentando assim a sua absorção. Outro fator que melhora a biodisponibilidade desse nutriente é a ingestão concomitante de gordura com suas fontes, já que a vitamina A é lipossolúvel (20). Demming e Erdman et al., (18) observaram uma absorção aumentada de cerca de 50% de vitamina A para alimentos cozidos e solubilizados em óleo, enquanto para alimentos crus atingiu apenas 10%.

Rock et al., (21), observaram um aumento de três vezes na concentração plasmática de  $\beta$ -caroteno em indivíduos que consumiram cenouras processadas em comparação aos que consumiram o alimento cru. Embora com relação ao  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -carotenos encontrados em cenouras cruas apresentaram um potencial de contribuição para formação da vitamina A, devido à maior eficiência na clivagem (22).

Com relação ao indivíduo, os fatores que influenciam envolvem o estado nutricional, onde, por exemplo, a deficiência de vitamina A aumenta a biodisponibilidade, enquanto que a deficiência proteica diminui. A baixa capacidade de absorção dos lipídios, a presença de infecções ou infestações parasitárias e alguns fatores genéticos também vão influenciar negativamente a absorção de vitamina A. Cabe ressaltar que outros fatores limitam a biodisponibilidade, como por exemplo, no recente estudo de Rubin et al., (23) que associaram a diminuição da absorção de vitamina A, tanto de retinoides quanto carotenoides, com a presença de inflamação. Inclusive, a alta prevalência de inflamação em países em desenvolvimento é algo frequentemente ignorado, e foi apontado por Thurnham (24) que a sua habilidade de reduzir as concentrações plasmáticas de retinol e carotenoides e retardar o equilíbrio em estudos de intervenção poderia ter exagerado a suposta ineficiência de  $\beta$ -caroteno em formar retinol.

Em geral, o fato de apenas cerca de 10% dos carotenoides apresentarem efeito de pró-vitamina A deve-se à sua baixa conversão em seu metabólito ativo, necessitando a liberação destes compostos dentro dos cloroplastos das células vegetais. Entretanto, especialistas apontam que futuras mudanças nas equivalências são passíveis de ocorrer e, portanto, recomenda-se que, no lugar dos valores resultantes de qualquer conversão, sejam levados em consideração os teores individuais dos carotenoides (7, 24). O próprio relatório da FAO (25) sobre as recomendações em vitaminas e minerais aponta a necessidade de pesquisas que envolvam estudo sobre a biodisponibilidade de carotenoides em diferentes classes de vegetais verdes

folhosos e alaranjados, tubérculos e frutas da maneira como eles são consumidos nas dietas, como por exemplo, em relação ao nível de gordura na refeição.

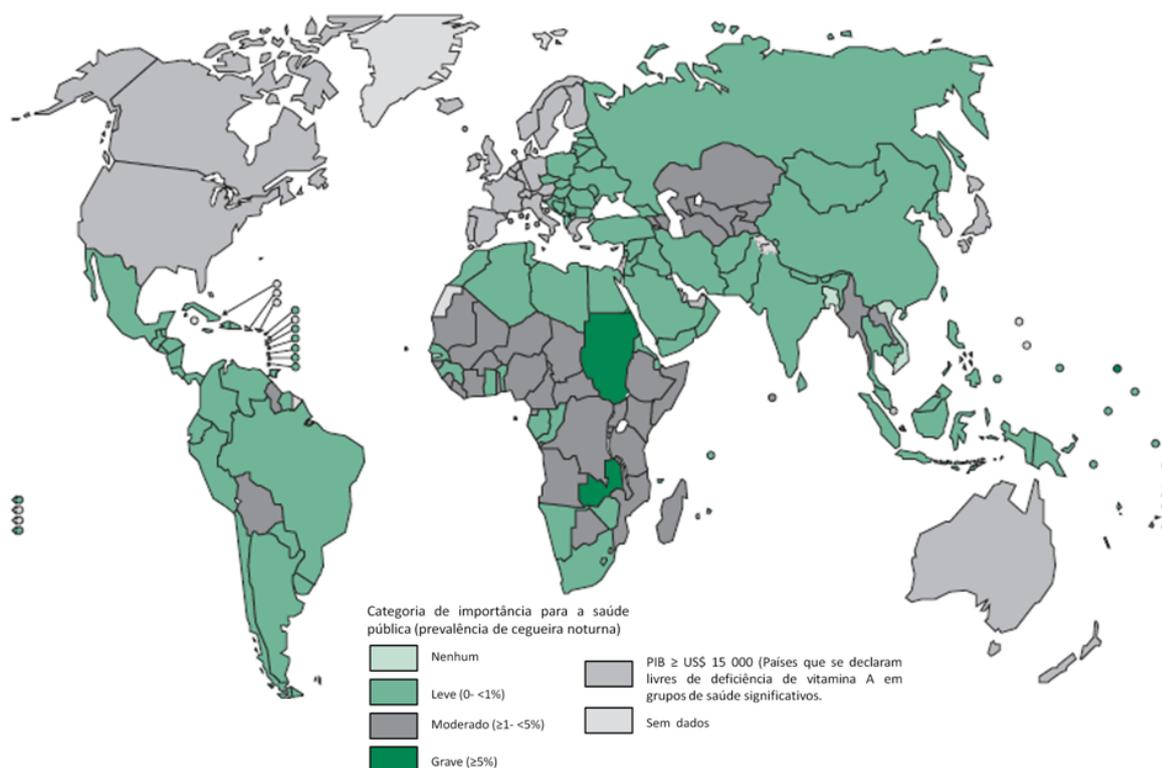
Embora, alguns resultados de estudos sobre biodisponibilidade sejam inconsistentes ou inconclusivos devido à larga variação nas respostas individuais e a existência de indivíduos que não respondem a intervenção, o peso da evidência favorece a noção de que o consumo de frutas e verduras, ricas em  $\beta$ -caroteno, melhora o estado nutricional em vitamina A de crianças deficientes, conforme revisado por Rodriguez-Amaya et al., (7).

### **3.4. DEFICIÊNCIA DE VITAMINA A**

A deficiência de vitamina A ocorre quando a reserva deste nutriente no organismo está baixa e atinge concentração sérica de retinol menor que 0,70  $\mu\text{mol/L}$ , devido à ingestão reduzida de alimentos ricos de carotenoides e vitamina A (4). A deficiência de vitamina A pode ser considerada um problema de saúde pública de fácil prevenção. No entanto, sabe-se que a carência sub-clínica da vitamina A, sem sinais como xeroftalmia e ceratomalacia, pode contribuir para a morbidade e mortalidade em crianças e recém-nascidos, devido a quadros de imunodeficiência de origem exclusivamente nutricional (26).

Na figura 2 está apresentada a prevalência global de deficiência de Vitamina A em populações de risco em crianças em idade pré-escolar nos anos de 1995-2005 (27). Neste contexto, a deficiência de vitamina A constitui um problema de saúde pública em todos os continentes. Sua prevalência é particularmente alta (>1% de prevalência de cegueira noturna) em todos os países da África, com exceção do Saara Ocidental onde não há dados, e na Ásia Oriental, com exceção da Coreia do sul e Japão.

Neste relatório da FAO, a situação de prevalência de deficiência de vitamina A no Brasil, quando comparada com outros países, foi considerada leve, em uma escala que vai de nenhuma, leve, moderada a severa. No entanto, a última Pesquisa de Orçamento Familiar (POF) (28) realizada em 2008-2009, mostrou que existe uma inadequação na ingestão de vitamina A maior ou igual a 70% da população de homens e mulheres brasileiras, sendo observada ainda uma maior inadequação na população rural (29). Carvalho et al., (30) em um estudo realizado no Brasil com crianças de 0-10 anos identificaram uma prevalência que variou de 20 a 60% de inadequação na ingestão de vitamina A.



**Figura 2:** Mapa de prevalência de deficiência de vitamina A no mundo em crianças em idade pré-escolar nos anos 1995-2005. Fonte: FAO, 2009 (27).

### 3.5. INGESTÃO E SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINA A

A suplementação de grandes doses de vitamina A para crianças que habitam em áreas de risco de deficiência é uma das estratégias mais eficazes para reposição do micronutriente. A suplementação com vitamina A em crianças menores de cinco anos contribui para a diminuição do risco de morte por todas as causas em 24% e a mortalidade por diarreia em 28% (6). De acordo com a UNICEF, mais de 65% das crianças em países em desenvolvimento tem acesso à suplementação de vitamina A. Nos anos 90, esse percentual era menor que 20%. No modo geral, doses de 30 mg equivalentes de retinol são administradas para suplementação de lactentes a cada seis meses e 60 mg de retinol a cada seis meses para crianças menores de cinco anos que vivem em regiões onde a hipovitaminose A é um fator de risco (5, 31).

No Brasil, a Portaria nº 729, de 13 de maio de 2005 instituiu o Programa Nacional de Suplementação de Vitamina A tendo em vista alta prevalência (14,6 a 33%) de crianças menores de 5 anos com deficiência de vitamina A, principalmente nas regiões mais pobres do país (32). Na tabela 1 estão relacionados estudos sobre consumo e deficiência de vitamina A realizados em diferentes regiões do Brasil.

**Tabela 1:** Estudos com estratégias de avaliação do consumo e deficiência de vitamina A em crianças brasileiras de diferentes regiões

Local	Idade	Tipo de estudo	Estratégia	Citação/ Ano
Pernambuco	< 5 anos	Estudo transversal populacional, com amostra representativa do meio urbano e rural	Análise da prevalência e os fatores associados à deficiência de vitamina A em mães e seus filhos em 2006	(33) 2013
São Paulo (SP)	2-7 anos	Estudo transversal	Crianças Beneficiárias de programa de distribuição de leite fortificado (2012-2013)	(34) 2015
Goiânia (GO)	12-16 meses	Estudo transversal	Avaliação do estado nutricional de vitamina A de crianças atendidas em Unidades Básicas de Saúde	(35) 2015
Ceará	Mulheres 10-49 anos Crianças 0-35 meses	Estudos transversais sequenciais	Análise da prevalência de suplementação de vitamina A em mulheres em idade fértil e crianças entre 1987 e 2007 e medida do impacto na morbidade através de cinco estu	(36) 2015
Rio Branco (AC)	6-8 meses	Estudo Nacional de Fortificação da Casa da Alimentação Complementar - Ensaio clínico controlado multicêntrico pragmático realizado	Avaliar a fortificação caseira com pó contendo múltiplos micronutrientes (MNP) em crianças da Amazônia	(37) 2015
Viçosa (MG)	0-6 meses	Estudo prospectivo de coorte	Análise da influência da adesão na ocorrência de anemia e deficiências de Fe, Zn e vitamina A em prematuros nascidos em 2014 até 6 meses de idade	(38) 2016
Rio Branco (AC), Olinda (PE), Goiânia (GO), Porto Alegre (RS)	6-14 meses	Estudo multicêntrico pragmático controlado	Avaliação do efeito da fortificação caseira com suplementos em pó com múltiplos micronutrientes sobre o estado nutricional da vitamina A de crianças	(39) 2016
Porto Alegre (RS)	2-3 anos	Estudo transversal com ensaio de campo randomizado	Estimativa da prevalência de ingestão inadequada de micronutrientes entre crianças de famílias de baixa renda e avaliação da ingestão de micronutrientes de alimentos fortificados	(40) 2016
Brasil	6-59 meses	Recorte da Pesquisa Nacional de Demografia e Saúde da Criança e da Mulher (PNDS) – Estudo transversal	Análise das variáveis associadas à deficiência de vitamina A em crianças brasileiras incluídas na PNDS realizada em 2006	(41) 2018

Um estudo realizado por Abizari et al., (42) na zona rural de Gana com crianças em idade pré-escolar, concluiu que o consumo de alimentos ricos em vitaminas A como frutas e vegetais amarelo-alaranjados, vermelhos e vegetais verde-escuros estão relacionados com a sazonalidade destes alimentos, uma vez que afetam o preço dos alimentos, impactando negativamente na taxa de consumo nas estações mais secas. A baixa diversidade alimentar de crianças abaixo de 18 meses na zona rural de Bangladesh também foi apontada como causa do baixo aporte de micronutrientes, incluindo a vitamina A, havendo a necessidade de utilização de alimentos complementares fortificados (43).

Dados mais otimistas foram divulgados recentemente, de acordo com Bahreynian et al., (44), houve um decréscimo no número de doenças atribuíveis à deficiência de vitamina A em crianças iranianas menores de cinco anos no período de 1990 a 2010, que pode estar relacionado com os programas de suplementação da vitamina A, melhoria da estrutura e acesso dos centros de saúde, aumento da atenção aos padrões de alimentação saudável, melhoria da urbanização e da situação econômica das famílias dessas crianças, contudo, ainda foi constatada inadequação no consumo da vitamina A.

A suplementação de refeições com manga desidratada adicionada de uma fonte de gordura levou à leve melhoria no estado nutricional em vitamina A de crianças da Gâmbia (45), enquanto que van Jaarsveld et al., (46) também observaram melhoria no estado nutricional em vitamina A de crianças da África do Sul que consumiram batata doce de polpa alaranjada.

Em alguns países da América Latina e Caribe, observou-se a diminuição na prevalência da deficiência de vitamina A, porém, grande parte dos países constituintes ainda apresentam altas taxas de inadequação, principalmente em crianças de 0 a 6 anos de idade. Guatemala e Nicarágua foram apontados como os países que erradicaram a deficiência de vitamina A com a suplementação de alguns alimentos, em contraste aos outros países que apresentaram maior prevalência em grupos vulneráveis mesmo com programas de suplementação (47, 48). Embora dados controversos possam ser encontrados na literatura, a suplementação de vitamina A tem se mostrado eficiente no combate à deficiência em crianças menores de cinco anos em diversos países no mundo, mostrando a importância da criação e manutenção de programas de suplementação para o combate da hipovitaminose A (49).

Sabe-se que populações de baixa renda possuem baixo acesso a dietas com alimentos diversificados, agravando as carências nutricionais apresentadas neste grupo populacional. Com isso, outras medidas têm sido desenvolvidas com o intuito de combater a deficiência de micronutrientes, como a vitamina A, e a prevenção de doenças decorrentes de doenças crônico-degenerativas (50).

Programas como o de Biofortificação possuem o objetivo de aumentar os níveis de micronutrientes específicos nos alimentos mais consumidos pelas populações de risco por meio do manejo agrônomico, melhoramento genético convencional e transgenia. Alguns alimentos já passaram pelo processo de biofortificação no Brasil, e tem sido direcionado principalmente à população nordestina, dentre eles, batata-doce de polpa alaranjada, milho e mandioca. Algumas variedades de mandioca lançadas pela EMBRAPA apresentaram valores de betacaroteno bem altos ( $4-9 \mu\text{g.g}^{-1}$ ) nas suas raízes (50).

Ressalta-se que alguns fatores são essenciais para que intervenções como programas de suplementação sejam efetivos. A ineficiência pode estar relacionada com a má adesão aos programas de suplementação, embora a distribuição seja gratuita em alguns centros de saúde, a baixa escolaridade das mães foi apontada como fator relacionado à baixa adesão ao tratamento de suplementação de crianças de até 6 meses pré-termo em um hospital de Viçosa-MG (38). Kurihayashi et al., (51) afirmam que uma em cada cinco crianças submetidas ao programa de suplementação de vitamina A ainda apresentaram inadequação, levando a reflexão sobre a eficiência dos programas de suplementação e o seu acompanhamento.

Além desses aspectos, a biodisponibilidade de carotenoides em alguns suplementos tem sido relatada por ser muito baixa, devido à forma como eles são administrados sob a forma de comprimidos que não contêm nenhuma fonte de lipídios capaz de formação de micelas mistas (52). Recentemente, pesquisadores têm investigado novas estratégias para aumentar a biodisponibilidade dos nutrientes nos suplementos, como a

incorporação de um núcleo oleoso em cápsulas gelatinosas (53) e a utilização de nano-emulsões que aumentou em 20% a biodisponibilidade de carotenoides na forma de comprimidos (54).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS

Informações combinadas sobre a composição de carotenoides, acessibilidade e biodisponibilidade destes em alimentos-fonte somados a dados sobre o consumo alimentar, revelam-se como essenciais para o desenvolvimento de estratégias e políticas que visem o combate à hipovitaminose A em crianças menores de cinco anos, principalmente em países em desenvolvimento. Estudos científicos têm mostrado alguns fatores relacionados com os índices de hipovitaminose A em crianças principalmente de países em desenvolvimento, onde existem regiões com alta vulnerabilidade social: desnutrição, acesso reduzido a suplementos, condições precárias de saúde, baixa escolaridade materna e menores condições socioeconômicas, motivando a implementação de programas que sejam eficazes no controle e combate à deficiência nutricional.

Em dez anos, houve pequenos decréscimos na prevalência de deficiência em países em desenvolvimento (27). Na Ásia e Oceania, a deficiência de vitamina A reduziu de 42% a 6% e na América do Sul e Caribe houve decréscimo de 21% para 11%. No entanto, os índices de deficiência na África e no Sul da Ásia continuam elevados, em torno de 48% e 44%, respectivamente, não havendo redução na prevalência desde 1991. Em 2013, mais de 95% das mortes de crianças menores de cinco anos na África e Ásia foram atribuídas à deficiência de vitamina A (5). Carvalho et al., (30) identificaram uma prevalência média de 30% de inadequação na ingestão de vitamina A em crianças brasileiras de 0-10 anos. No entanto, em algumas regiões com infraestrutura pública e desenvolvimento social mais precário, a hipovitaminose chega a atingir 60% das crianças menores de cinco anos (30, 55).

O decréscimo no número de doenças atribuíveis à deficiência de vitamina A em crianças iranianas menores de cinco anos no período de 1990 a 2010 pode ser atribuído aos programas de suplementação da vitamina A, bem como na melhoria da alimentação, estrutura e acesso a centros de saúde, contudo, ainda são identificadas inadequações no consumo da vitamina A (44). A criação de Programas Políticos de Nutrição e Alimentação tem sido o caminho para oferecer às crianças os nutrientes balanceados para uma vida saudável. No entanto, é necessário um acompanhamento contínuo de tais programas para saber se os resultados esperados têm sido atingidos e quais seriam as medidas a longo prazo.

O aleitamento pode ser um dos caminhos para prevenção contra os baixos níveis séricos de vitamina A nos primeiros anos de vida, no entanto, crianças menores de dois anos podem apresentar hipovitaminose A devido à ingestão de leite materno produzido por mães também deficientes em vitamina A (4, 56). Ademais, as crianças tornam-se também vulneráveis a partir do 6º mês de vida, pois passam a ingerir outros alimentos além do leite. Portanto, este grupo deve ter atenção especial para manter as quantidades adequadas de vitamina A e de carotenoides (6).

Conclui-se que no intuito de auxiliar na diminuição e erradicação dessa patologia, principalmente na faixa etária em questão é primordial que as políticas públicas considerem os diversos fatores que impactam na biodisponibilidade de carotenoides tanto de alimentos-fonte quanto de suplementos, bem como privilegiem estratégias de educação nutricional e promoção da saúde em locais onde a hipovitaminose A é endêmica. Assim, será possível estabelecer um ranqueamento de alimentos-fonte e de estratégias de suplementação de maior biodisponibilidade em diversas regiões do mundo, bem como avaliar a eficiência de políticas públicas a partir da relação entre ocorrência da hipovitaminose A e falta de acessibilidade de alimentos ricos em vitamina A ou carotenoides em crianças menores de 5 anos.

## 5. REFERÊNCIAS

1. WHO. Guideline: vitamin A supplementation in infants and children 6-59 months of age. WHO, 2011.
2. Ferraz IS, Daneluzzi JC, Vannucchi H, Jordão JAA. Detection of vitamin A deficiency in Brazilian preschool children using the serum 30-day dose-response test. *European journal of clinical nutrition*. 2004;58(10):1372-7.
3. Black MM. Micronutrient deficiencies and cognitive functioning. *The Journal of nutrition*. 2003;133(11):3927S-31S.
4. Ferreira HS, Moura RMM, Assunção ML, Horta BL. Fatores associados à hipovitaminose A em crianças menores de cinco anos. *Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil*. 2013;13(3):223-35.
5. Stevens GA, Bennett JE, Hennocq Q, Lu Y, De-Regil LM, Rogers L, et al. Trends and mortality effects of vitamin A deficiency in children in 138 low-income and middle-income countries between 1991 and 2013: a pooled analysis of population-based surveys. *The Lancet Global Health*. 2015;3(9):e528-e36.
6. Brasil. Manual de condutas gerais do Programa Nacional de Suplementação de Vitamina A. In: Saúde Md, editor. Brasília, DF2013.
7. Rodriguez-Amaya DB, Kimura M, Amaya-Farfan J. Fontes brasileiras de carotenóides: tabela brasileira de composição de carotenóides em alimentos. 2 ed. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente; 2008. p. 100.
8. Damodaran S, Parkin KL, Fennema OR. Fennema's food chemistry: CRC press; 2007.
9. Mahan LV, Escott-Stump S. Krause Alimentos, Nutrição e Dietoterapia. 13 ed2012.
10. Amann PD, Eichmuller SB, Schmidt J, V. BA. Regulation of gene expression by retinoids. *Current Medicinal Chemistry*. 2011;18(9):1405-12.
11. Yuyama L, Yonekura L, Lopes JM, Souza AS, Enriconi A, Fabe MA, et al. Vitamina A. In: Cozzolino SMF, Cominetti C, editors. Bases bioquímicas e fisiológicas da nutrição nas diferentes fases da vida-na saúde e na doença. 1 ed. Barueri, SP: Manole; 2013. p. 1288.
12. Ambrósio CLB, Camara FA, Campos S, Faro ZP. Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A. *Revista de Nutrição*. 2006;19(2):233-43.
13. Rodriguez-Amaya DB. Carotenoids and food preparation: the retention of provitamin A carotenoids in prepared, processed, and stored foods. Campinas, SP: UNICAMP; 1997. p. 99.
14. Rodriguez-Amaya DB, Kimura M, Godoy HT, Amaya-Farfan J. Updated Brazilian database on food carotenoids: Factors affecting carotenoid composition. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2008;21:445-63.
15. Cozzolino SMF. Biodisponibilidade de nutrientes. 4 ed. Barueri, SP2012. 1368 p.
16. Cozzolino SMF. Biodisponibilidade de minerais. *Revista de nutrição*. 1997;10(2):87-98.
17. Jackson MJ. The assessment of bioavailability of micronutrients: Introduction. *European Journal of Clinical Nutrition*. 1997;51(Suppl 1):S1-2.
18. Erdman JWJ, Bierer TL, Gugger ET. Absorption and transport of carotenoids. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1993;691:76-85.
19. Castenmiller JJM, West CE. Bioavailability and bioconversion of carotenoids. *Annual Review of Nutrition*. 1998;18(19-38).
20. Parada J, Aguilera JM. Food microstructure affects the bioavailability of several nutrients. *Journal of Food Science*. 2007;72(2):R21-R32.
21. Rock CL, Lovalvo JL, Emenhiser C, Ruffin MT, Flatt SW, Schwartz SJ. Bioavailability of beta-carotene is lower in raw than in processed carrots and spinach in women. *The Journal of nutrition*. 1998;128(5):913-6.
22. Cooperstone JL, Goetz HJ, Riedl KM, Harrison EH, Schwartz SJ, Kopec RE. Relative contribution of  $\alpha$ -carotene to postprandial vitamin A concentrations in healthy humans after carrot consumption. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2017;106(1):59-66.
23. Rubin LP, Ross AC, Stephensen CB, Bohn T, Tanumihardjo SA. Metabolic Effects of Inflammation on Vitamin A and Carotenoids in Humans and Animal Models. *Advances in Nutrition: An International Review Journal*. 2017;8(2):197-212.
24. Thurnham DI. Bioequivalence of  $\beta$ -carotene and retinol. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2007;87:13-39.
25. FAO. Human vitamin and mineral requirements. Rome, Italy: World Health Organization, 2001.
26. Ramalho RA, Flores H, Saunders C. Hipovitaminose A no Brasil: um problema de saúde pública. *Revista Panamericana de Salud Pública* 2002;12(2):117-22.
27. WHO. Global prevalence of vitamin A deficiency in populations at risk 1995-2005. Geneva: WHO global database on vitamin a deficiency., 2009.
28. Brasil. de Orçamentos Familiares - POF 2008-2009: Despesas, Rendimentos e Condições de vida. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE; 2010. p. 222.
29. Araujo MC, Bezerra IN, Barbosa FS, Junger WL, Yokoo EM, Pereira RA, et al. Consumo de macronutrientes e ingestão inadequada de micronutrientes em adultos. *Revista de Saúde Pública*. 2013;47(1):177S-89S.

30. Carvalho CA, Almeida FPC, Priore SE, Franceschini SDCC, Novaes JF. Food consumption and nutritional adequacy in Brazilian children: a systematic review. *Revista Paulista de Pediatria* 2015;33(2):211-21.
31. Dalmiya N, Palmer A. Vitamin A supplementation: a decade of progress. 2007.
32. Brasil. Portaria nº 729, de 13 de maio de 2005 Institui o Programa Nacional de Suplementação de Vitamina A e dá outras providências 92 ed. Brasília, DF2005.
33. Miglioli TC, Fonseca VM, Junior SCJ, Lira PIC, Filho MB. Deficiência de Vitamina A em mães e filhos no Estado de Pernambuco. *Ciência & Saúde Coletiva*. 2013;18(5):1427-40.
34. Kurihayashi AY, Augusto RA, Escaldelai FMD, Martini LA. Estado nutricional de vitaminas A e D em crianças participantes de programa de suplementação alimentar. *Caderno de Saúde Pública*. 2015;31(3):531-42.
35. Silva LLS, Peixoto MRG, Hadler MCCM, Silva SA, Cobayashi F, Cardoso MA. Estado nutricional de vitamina A e fatores associados em lactentes atendidos em Unidades Básicas de Saúde de Goiânia, Goiás, Brasil. *Revista Brasileira de Epidemiologia*. 2015;18(2):490-502.
36. Rocha HAL, Silva AC, Correia LL, Campos JS, Machado MMT, Leite AJM, et al. Effects of Vitamin A supplementation on child morbidity: A twenty-year time series analysis in the northeastern region of Brazil. *Maternal and Child Health Journal*. 2015;19:1652-6.
37. Oliveira CSM, Sampaio P, Muniz PT, Cardoso MA. Multiple micronutrients in powder delivered through primary health care reduce iron and vitamin A deficiencies in young Amazonian children. *Public Health Nutrition*. 2016;19(16):3039-47.
38. Freitas BAC, Luciana Moreira Lima LM, Moreira MEL, Priore SE, Bruno David Henriques BD, Carlos CFLV, et al. Micronutrient supplementation adherence and influence on the prevalences of anemia and iron, zinc and vitamin A deficiencies in preemies with a corrected age of six months. *Clinical Science*. 2016;71(8):440-8.
39. Silva LLS, Augusto RA, Tietzmann DC, Sequeira LAS, Hadler MCCM, Muniz PT, et al. The impact of home fortification with multiple micronutrient powder on vitamin A status in young children: A multicenter pragmatic controlled trial in Brazil. *Maternal & Child Nutrition*. 2016:1-8.
40. Sangalli CN, Rauber F, Vitolo MR. Low prevalence of inadequate micronutrient intake in young children in the south of Brazil: a new perspective. *British Journal of Nutrition*. 2016;116:890-6.
41. Lima DB, Damiani LP, Fujimori E. Deficiência de vitamina A em crianças brasileiras e variáveis associadas. *Revista Paulista de Pediatria*. 2018;36(2):176-85.
42. Abizari AR, Azupogo F, Nagasu M, Creemers N, Brouwer ID. Seasonality affects dietary diversity of school-age children in northern Ghana. *PLoS One*. 2017;12(8):e0183206.
43. Campbell RK, Hurley KM, Shamim AA, Shaikh S, Chowdhury ZT, Mehra S, et al. Effect of complementary food supplementation on breastfeeding and home diet in rural Bangladeshi children. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2016;104(5):1450-8.
44. Bahreynian M, Qorbani M, Naderimagham S, Nejatnamini S, Ataie-Jafari A, Sharifi F, et al. Burden of disease attributable to vitamin A deficiency in Iranian population aged less than five years: findings from the global burden of disease study 2010. *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders*. 2017;16(1):32.
45. Drammeh BS, Marquis GS, Funkhouser E, Bates C, Eto I, Stephensen CB. A randomized, 4-month mango and fat supplementation trial improved vitamin A status among young Gambian children. *The Journal of Nutrition*. 2002;132(12):3693-9.
46. van Jaarsveld PJ, Faber M, Tanumihardjo SA, Nestel P, Lombard CJ, Benadé AJS.  $\beta$ -Carotene-rich orange-fleshed sweet potato improves the vitamin A status of primary school children assessed with the modified-relative-dose-response test. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2005;81(5):1080-7.
47. Cediel G, Olivares M, Brito A, Romaña DLD, Cori H, Frano MRL. Interpretation of serum retinol data from Latin America and the Caribbean. *Food and Nutrition Bulletin*. 2015;36(2):S98-S108.
48. Galicia L, Grajeda R, Romaña DL. Nutrition situation in Latin America and the Caribbean: current scenario, past trends, and data gaps. *Revista Panamericana de Salud Pública*. 2016;40(2):104-13.
49. Kranz S, Pimpin L, Fawzi W, Duggan C, Webb P, Mozaffarian D. Mortality Benefits of Vitamin A Are Not Affected by Varying Frequency, Total Dose, or Duration of Supplementation. *Food and Nutrition Bulletin*. 2017;38(2):260-6.
50. Rios SA, Paes MCD, Abreu SC, Cardoso WS. Deficiências nutricionais e a biofortificação de alimentos. MILHO biofortificado. 1 ed2011. p. 9-21.
51. Kurihayashi AY, Augusto RA, Escaldelai FMD, Martini LA. Estado nutricional de vitaminas A e D em crianças participantes de programa de suplementação alimentar Vitamin A and D status among child participants in a food supplementation program. . *Caderno de Saúde Pública*. 2015;31(3):531-42.
52. O'Sullivan AM, O'Callaghan YC, O'Connor TP, O'Brien NM. The content and bioaccessibility of carotenoids from selected commercially available health supplements. . *Proceedings of the Nutrition Society* 2011;70(OCE3):E62.
53. Meng Q, Long P, Zhou J, Ho C, Zou X, Chen B, et al. Improved absorption of  $\beta$ -carotene by encapsulation in an oil-in-water nanoemulsion containing tea polyphenols in the aqueous phase. *Food Research International*. in press.

54. Salvia-Trujillo L, McClements DJ. Improvement of  $\beta$ -Carotene Bioaccessibility from Dietary Supplements Using Excipient Nanoemulsions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2016;64(22):4639-47.
55. Vasconcelos AMA, Ferreira HS. Prevalência de hipovitaminose A em crianças da região semi-árida de Alagoas (Brasil). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 2009;59(2):152-8.
56. Miller M, Humphrey J, Johnson E, Marinda E, Brookmeyer R, J. K. Why do children become vitamin A deficient? *The Journal of Nutrition*. 2002;132(9 suppl):2867S-80S.

**Como citar este artigo:**

Brito TBB, Oliveira TA, Medina TS, Nascimento FR, Nascimento TP, Ferreira MSL. Acessibilidade, biodisponibilidade e consumo de alimentos fontes de carotenoides e vitamina A em crianças de até 5 anos. *SEMEAR* 2019 ago/dez;1(1):pag 01-13.